المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

العلوم الحياتية

الصف الثاني عشر - المسار الأكاديمي

الفصل الدراسي الثاني

كتاب الطالب

12

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

عطاف عايش الهباهبة　　حياة عبد يونس المناصير　　ليلى أحمد عبد الحافظ

أمجد أحمد الخرشة (منسقًا)

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 / 237　06-5376266　P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor　feedback@nccd.gov.jo　www.nccd.gov.jo

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هـذا الكتـاب في مـدارس المملكـة الأردنيـة الهاشـمية جميعهـا، بنـاءً عـلى قرار المجلـس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطويـر المناهج في جلسـته رقم (2025/7)، تاريـخ 2025/9/15 م، وقرار مجلـس التربية والتعليم رقـم (2025/167)، تاريـخ 2025/10/15 م، بـدءًا مـن العام الـدراسي 2025 / 2026 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2025.
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 805 - 5

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2025/1/391)

بيانات الفهرسة الأولية للكتاب:

عنوان الكتاب	العلوم الحياتية، كتاب الطالب: الصف الثاني عشر، المسار الأكاديمي، الفصل الدراسي الثاني
إعداد / هيئة	الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج
بيانات النشر	عمان: المركز الوطني لتطوير المناهج، 2025
رقم التصنيف	373,19
الواصفات	/ الأحياء/ / أساليب التدريس/ / المناهج/ / التعليم الثانوي/
الطبعـة	الطبعـة الأولى

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه، ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

المراجعة والتعديل
إيناس تحسين النوايسة
طلال موسى هديب
أمجد أحمد الخرشة

المراجعة التربوية
أ.د. زيد علي البشايرة

تصميم وإخراج
نايف محمد أمين مراشدة

التحرير اللغوي
محمد صالح شنيور

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.
British Library Cataloguing -in- Publication Data
A catalogue record for this publication is available from the Library.

الطبعة الأولى (التجريبية) 1447 هـ / 2025 م

قائمة المحتويات

المقدمة 5

الوحدة الخامسة: التنظيم والاتزان 7

الدرس 1: الجهاز العصبي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته 10

الدرس 2: الإحساس والاستجابة في جسم الإنسان وبعض مشكلاتهما 25

الدرس 3: الغدد الصم والاتزان وبعض مشكلاتها 30

الإثراء والتوسُّع: 41

مراجعة الوحدة 42

الوحدة السادسة: الدعامة والحركة 47

الدرس 1: الجهاز الهيكلي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته 50

الدرس 2: العضلات وبعض مشكلاتها 57

الإثراء والتوسُّع: 66

مراجعة الوحدة 67

نسخة تجريبية

الوحدة السابعة: الهضم والنقل وتبادل الغازات 71

الدرس 1: الجهاز الهضمي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته 74

الدرس 2: جهاز الدوران: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته 84

الدرس 3: الجهاز التنفسي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته 96

الإثراء والتوسُّع: 107

مراجعة الوحدة 108

الوحدة الثامنة: الإخراج والتكاثر 113

الدرس 1: جهاز الإخراج: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته 116

الدرس 2: الجهاز التناسلي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته 127

الإثراء والتوسُّع: 150

مراجعة الوحدة 151

الوحدة التاسعة: المناعة والمضادات الحيوية 157

الدرس 1: جهاز المناعة وبعض مشكلاته 160

الدرس 2: المضادات الحيوية 174

الإثراء والتوسُّع: 179

مراجعة الوحدة 180

مسرد المصطلحات 184

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

انطلاقًا من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني، وتسليحه بالعلم والمعرفة؛ سعى المركز الوطني لتطوير المناهج، بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها، لتكون مُعينًا للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي، ومجاراة أقرانهم في الدول المتقدمة.

يُعَدُّ هذا الكتاب واحدًا من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعْنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحَلِّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وَفق أفضل الطرائق المُتَّبَعة عالميًّا؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها لحاجات طلبتنا والمعلِّمين والمعلِّمات.

جاء هذا الكتاب مُحقِّقًا مضامين الإطار العام للمناهج الأردنية والإطار الخاص لمبحث العلوم، ومعاييرها، ومُؤشِّرات أدائها المُتمثِّلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الحادي والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومُعتزٍّ -في الوقت نفسه- بانتمائه الوطني. وتأسيسًا على ذلك، فقد اعتُمِدت دورة التعلُّم الخماسية المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر لهم فرصًا عديدةً للاستقصاء، وحَلِّ المشكلات، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلًا عن اعتماد منحى STEAM في التعليم الذي يُستعمَل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة.

يتألَّف الكتاب من خمس وحدات، يتّسم محتواها بالتنوع في أساليب العرض، هي: التنظيم والاتزان، والدعامة والحركة، والهضم والنقل، وتبادل الغازات، والإخراج والتكاثر، والمناعة والمضادات الحيوية. يضم الكتاب أيضًا العديد من الرسوم، والصور، والأشكال التوضيحية، والأنشطة، والتجارب العملية التي تُنمّي مهارات العمل المخبري، وتساعد الطلبة على اكتساب مهارات العلم، مثل: الملاحظة العلمية، والاستقصاء، ووضع الفرضيات، وتحليل البيانات، والاستنتاج القائم على التجربة العلمية المضبوطة، وصولًا إلى المعرفة التي تُعين الطلبة على فهم ظواهر الحياة من حولنا.

روعي في تأليف الكتاب التركيز على مهارات التواصل مع الآخرين، ولا سيَّما احترام الرأي الآخر، وتحفيز الطلبة على البحث في مصادر المعرفة المختلفة؛ فلغة الكتاب تُشجِّع الطلبة على التفاعل مع المادة العلمية، وتحثُّهم على بذل مزيد من البحث والاستقصاء. وقد تضمَّن الكتاب أسئلة متنوعة تراعي الفروق الفردية، وتُنمّي لدى الطلبة مهارات التفكير وحَلِّ المشكلات.

أُلحِقَ بالكتاب كتابٌ للأنشطة والتجارب العملية، يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب؛ لتساعد الطلبة على تنفيذها بسهولة، إضافةً إلى أسئلة مثيرة للتفكير وأسئلة إضافية.

ونحن إذ نُقدِّمُ هذا الكتاب، فإنّا نؤمّل أنْ يُسهِم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية الطالب/ الطالبة، وتنمية اتجاهات حُبِّ التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمر، فضلًا عن تحسين الكتاب؛ بإضافة الجديد إلى المحتوى، وإثراء أنشطته المتنوعة، والأخذ بملاحظات المعلِّمين والمعلِّمات.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

نسخة تجريبية

الوحدة 5

التنظيم والاتزان

Regulation and Homeostasis

قال تعالى:

﴿ سَنُرِيهِمْ ءَايَٰتِنَا فِى ٱلْءَافَاقِ وَفِىٓ أَنفُسِهِمْ حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَهُمْ أَنَّهُ ٱلْحَقُّ ۗ أَوَلَمْ يَكْفِ بِرَبِّكَ أَنَّهُۥ عَلَىٰ كُلِّ شَىْءٍ شَهِيدٌ ﴿٥٣﴾ ﴾ (سورة فُصِّلت، الآية 53).

أتأمَّل الصورة

يشير مصطلح الذكاء الاصطناعي إلى مجالات عِدَّة، منها محاكاة الذكاء البشري في الآلات المبرمجة للتفكير، مثل البشر وتقليد أفعالهم. فما آلية التحكُّم داخل أجسامنا التي أسهمت في تطوُّر هذا المجال؟

الفكرة العامة:

يعمل التنظيم الهرموني والتنظيم العصبي معًا في جسم الإنسان؛ للتنسيق بين أجهزته المختلفة، والمحافظة على اتزان بيئته الداخلية.

الدرس الأول: الجهاز العصبي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته.

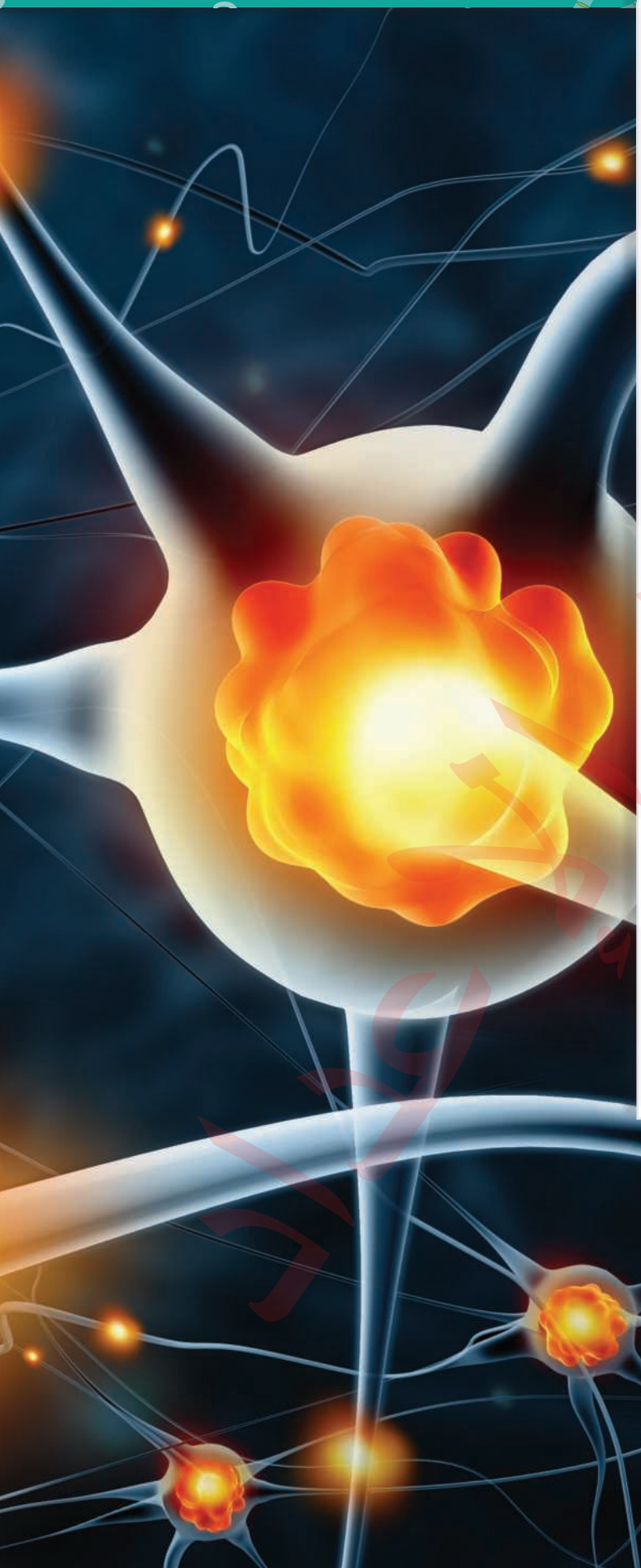
الفكرة الرئيسة: للجهاز العصبي دور رئيس في تنظيم أجهزة الجسم المختلفة، وأداء العمليات الحيوية الضرورية.

الدرس الثاني: الإحساس والاستجابة في جسم الإنسان وبعض مشكلاتهما.

الفكرة الرئيسة: تستجيب المُستقبِلات الحسِّية للمُنبِّهات، فتُحوِّلها إلى إشارات على شكل سيالات عصبية، تنتقل إلى الجهاز العصبي المركزي؛ ليُفسِّرها، ويُصدِر أوامره لأعضاء الاستجابة.

الدرس الثالث: الغُدد الصُّمُّ والاتزان وبعض مشكلاتهما.

الفكرة الرئيسة: لجهاز الغُدد الصُّمِّ دور في التنسيق بين أجهزة الجسم المختلفة؛ لأداء العمليات الحيوية، والمحافظة على الاتزان الداخلي للجسم.



تجربة استهلالية

قياس وقت ردِّ الفعل

المواد والأدوات: ساعة توقيت، ورقة، قلم.

خطوات العمل:

1. نقف جميعًا على شكل دائرة، ويمسك كل شخص يد من بجانبه.
2. **أجرّب:** أُحرّر يدي اليسرى لأمسك بها ساعة التوقيت، وأنتظر حتى يكون الجميع مستعدًا. في اللحظة نفسها أضغط على زر التوقيت وأضغط بيدي اليمنى على يد الشخص الذي يقف بجانبي.
3. عندما يشعر الشخص التالي بالضغط، ينقل الضغط بيده الأخرى إلى الشخص الذي يليه، وهكذا حتى تنتقل الإشارة بين جميع أفراد الدائرة.
4. بعد الضغط من آخر شخص على يدي اليسرى، أُوقف ساعة التوقيت بيدي اليمنى.
5. أكرّر التجربة أكثر من مرة حتى نصل لأسرع وقت ممكن في تمرير الإشارة، وأسجّل الوقت وعدد المشاركين/ المشاركات في الدائرة.
6. نعيد نفس التجربة ولكن بعكس اتجاه نقل الإشارة في الدائرة.

التحليل والاستنتاج:

1. **أحسُب** معدَّل الوقت الذي يستغرقه كل فرد في الاستجابة للإشارة التي وصلته.
2. **أستنتج:** هل ازدادت سرعة استجابة الطلبة في أثناء التجربة؟ **أُفسِّر** إجابتي.
3. هل نُقِلت الإشارة بالسرعة نفسها عند عكس الاتجاه؟ **أُفسِّر** إجابتي.
4. **أتواصل:** أُناقِش زملائي/ زميلاتي في النتائج التي توصَّلت إليها.

الجهاز العصبي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته

The Nervous System: Structure and Function and some of its Problems

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

للجهاز العصبي دور رئيس في تنظيم أجهزة الجسم المختلفة، وأداء العمليات الحيوية الضرورية.

نتاجات التعلُّم:

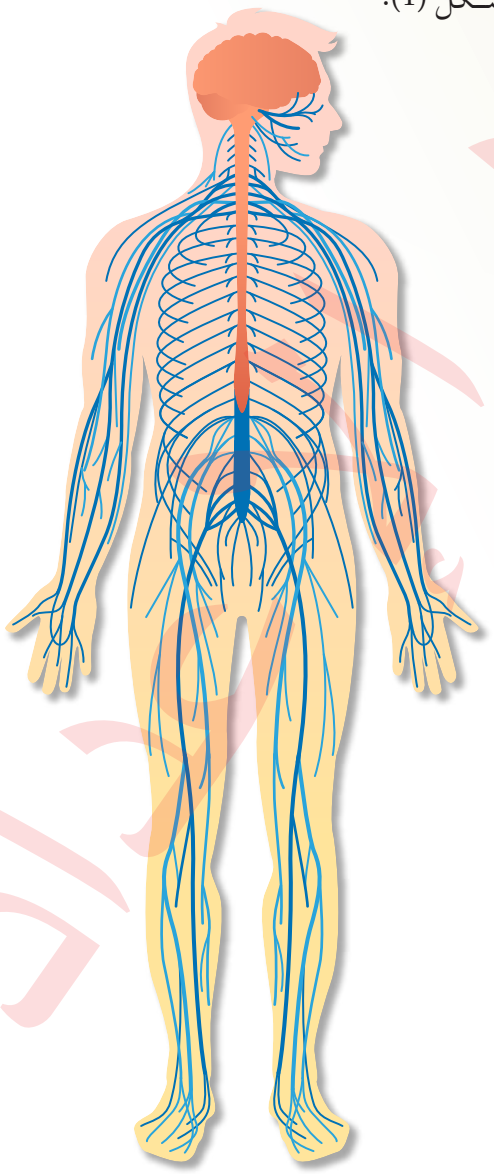
- أُحدِّد تركيب الجهاز العصبي، ووظيفة كل جزء منه.
- أَصِف التركيب الدقيق للدماغ.
- أصف بعض مشكلات الجهاز العصبي.

المفاهيم والمصطلحات:

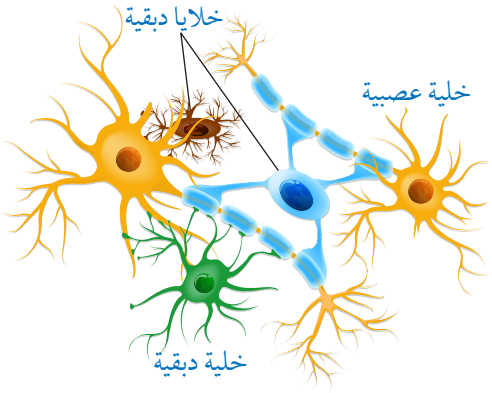
ردّ الفعل المُنعكِس	Reflex Action
جهد الفعل	Action Potential
جهد الراحة	Resting Potential
النقل الوثبي	Saltatory Conduction
عقد رانفيير	Nodes of Ranvier
فترة الجموح المطلق	Absolute Refractory Period

الجهاز العصبي The Nervous System

ينقسم الجهاز العصبي في جسم الإنسان إلى جزأين رئيسين، هما: الجهاز العصبي المركزي، والجهاز العصبي الطرفي. يتكوَّن الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System من الدماغ Brain، والحبل الشوكي Spinal Cord، في حين يتكوَّن الجهاز العصبي الطرفي Peripheral Nervous System من الأعصاب Nerves التي تنقل المعلومات من الجهاز العصبي المركزي وإليه، أنظر الشكل (1).



الشكل (1): الأجزاء الرئيسة للجهاز العصبي. الجهاز العصبي المركزي (اللون البرتقالي)، والجهاز العصبي الطرفي (اللون الأزرق).



الشكل (2): الخلايا العصبية والخلايا الدبقية.

الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System

يحتوي الجهاز العصبي المركزي على مليارات الخلايا العصبية (العصبونات) وخلايا أُخرى داعمة تُسمّى الخلايا الدبقية Glial Cells، أنظر الشكل (2). يتكوَّن هذا الجهاز من الدماغ، والحبل الشوكي، وتتمثَّل وظيفته الأساسية في استقبال إشارات كهروكيميائية (سيالات عصبية) من المُستقبِلات الحسِّية وتفسيرها، ثم إرسال سيالات عصبية إلى المستجيب المعني.

أُفكِّر: ما العلاقة بين المخيخ والقشرة المخية المُبيَّنة في الشكل (3)؟

الدماغ The Brain

يُحلِّل الدماغ كَمًّا كبيرًا من المعلومات التي تصله بصورة مستمرة، ويُصدِر الأوامر والتعليمات لأجزاء الجسم كلها؛ لذا فهو يُعَدُّ المركز الرئيس للتحكُّم في الجهاز العصبي المركزي. أنظر الشكل (3) الذي يُبيِّن أجزاء الدماغ الرئيسة، ووظيفة كل جزء منها.

المخ Cerebrum

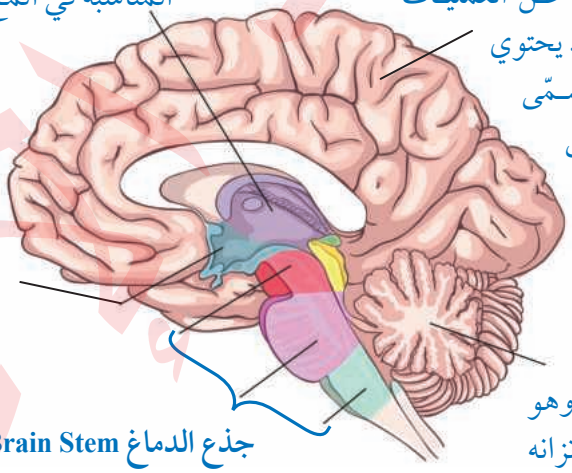
الجزء الأكبر من الدماغ، والمركز المسؤول عن كثير من الوظائف العليا، بما في ذلك: التفكير، والإدراك، والتعلُّم، والذاكرة، وهو مسؤول أيضًا عن العمليات والحركات الإرادية في الجسم. يحتوي المخ على طبقتين: خارجية تُسمّى القشرة المخية، وداخلية تُسمّى المادة البيضاء.

المهاد Thalamus

يستقبل رسائل من المُستقبِلات الحسِّية في مختلف أنحاء الجسم، ثم ينقل المعلومات إلى المنطقة المناسبة في المخ.

تحت المهاد Hypothalamus

يحتوي على مراكز تنظيم عمليات الجوع، والعطش، والتعب، والغضب، ودرجة حرارة الجسم. ويساعد على عمل الجهاز العصبي والغُدد الصُّمِّ.



المخيخ Cerebellum

ثاني أكبر منطقة في الدماغ، وهو يسيطر على وضعية الجسم واتزانه وتنسيق حركاته؛ إذ يعمل على التنسيق للأوامر الحركية الصادرة من القشرة المخية، لتكون حركة العضلات متناسقة ومتوازنة.

جذع الدماغ Brain Stem

يربط بين الدماغ والحبل الشوكي، ويتحكَّم في بعض وظائف الجسم الحيوية، مثل: تنظيم ضغط الدم ، ومعدَّل ضربات القلب، والتنفُّس، والبلع. يحافظ جذع الدماغ على نشاط العمليات الحيوية حتى في حالة اللاوعي، مثل: النوم.

الشكل (3): مقطع في دماغ الإنسان يُبيِّن أجزاءه الرئيسة، ووظائفها.

أتحقَّق: أوضح كيف يساعد المهاد في تنسيق وظائف الجسم المختلفة.

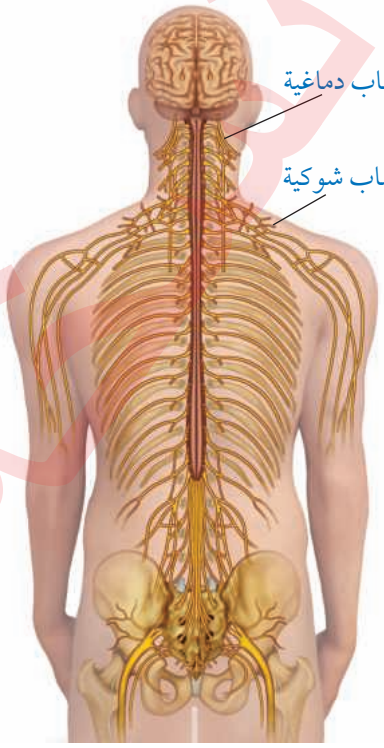
الحبل الشوكي Spinal Cord

يُمثِّل الحبل الشوكي حلقة الوصل بين الدماغ وبقية أجزاء الجسم؛ إذ يصدر عنه واحد وثلاثون زوجًا من الأعصاب الشوكية التي تربط الدماغ بمختلف أجزاء الجسم. يعالج الحبل الشوكي بعض أنواع الإشارات الكهروكيميائية التي تصله، ويُصدِر الأوامر المُتعلِّقة بها مباشرة من دون اللجوء إلى الدماغ، كما يحدث في حال ردِّ الفعل المُنعكِس.

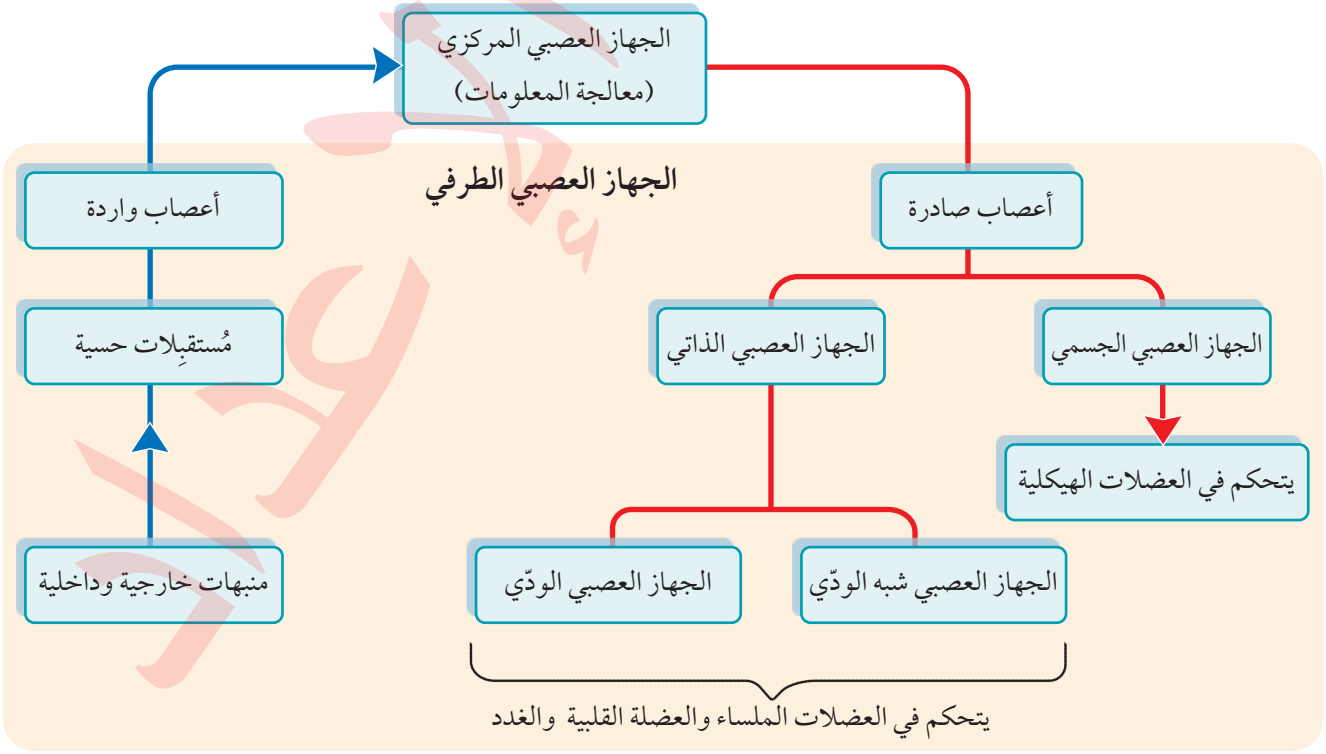
الجهاز العصبي الطرفي Peripheral Nervous System

ينقل هذا الجهاز المعلومات من وإلى الجهاز العصبي المركزي، ويؤدي دورًا كبيرًا في تنظيم الحركة والبيئة الداخلية للجسم. يتكوَّن الجهاز العصبي الطرفي من أجزاء الجهاز العصبي جميعها (ما عدا الدماغ والحبل الشوكي)، بما في ذلك الأعصاب الدماغية Cranial Nerves، والأعصاب الشوكية Spinal Nerves. تمرُّ الأعصاب الدماغية بالجمجمة عن طريق فتحات مُحدَّدة، ويُحفِّز معظمها منطقتي الرأس والرقبة، في حين تحفّز الأعصاب الشوكية بقية مناطق الجسم، أنظر الشكل (4/ أ) الذي يُبيِّن أعصاب الجهاز العصبي الطرفي.

تضمّ معظم الأعصاب في الجهاز العصبي الطرفي حُزَمًا من الأعصاب الواردة والصادرة، وتُشكّل الأعصاب الصادرة قسمين وظيفيين، هما: الجهاز العصبي الجسمي، والجهاز العصبي الذاتي، أنظر الشكل (4/ ب).



الشكل (4/ أ): أعصاب الجهاز العصبي الطرفي.



الشكل (4/ ب): التسلسل الوظيفي للجهاز العصبي الطرفي.

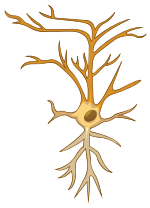
الجهاز العصبي الجسمي Somatic Nervous System

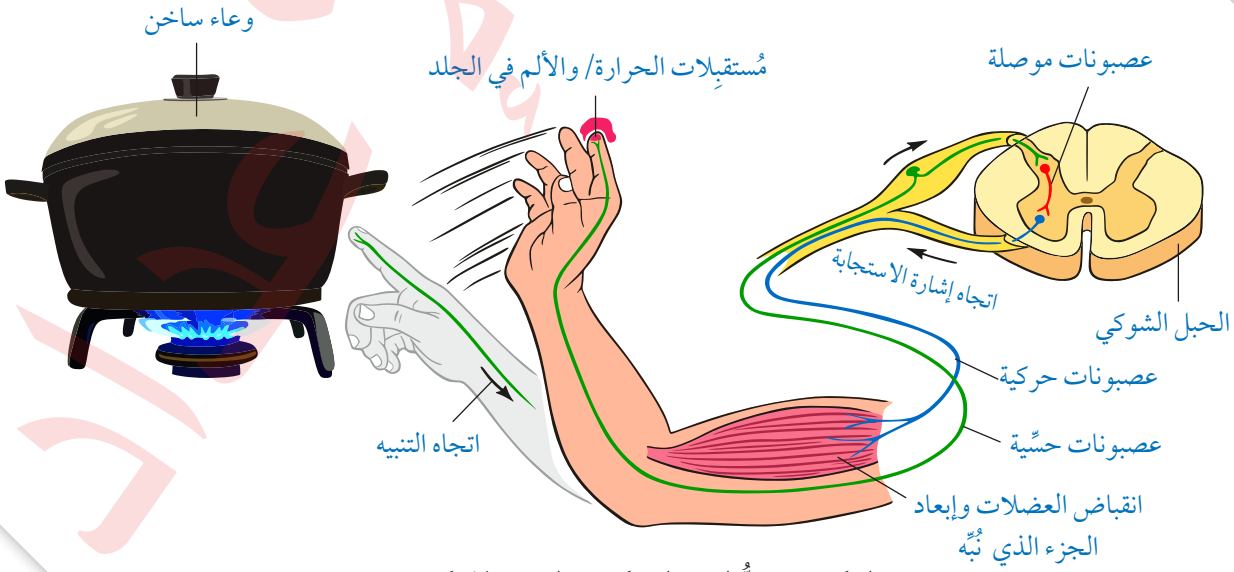
يُنظِّم الجهاز العصبي الجسمي Somatic Nervous System أنشطة الجسم الإرادية عن طريق ضبط العضلات الهيكلية، إضافة إلى ارتباطه بحركات أعضاء الجسم اللاإرادية التي تُعرَف **بردِّ الفعل المُنعكِس Reflex Action**، أنظر الشكل (5)، والجدول (1). فمثلًا، إذا لمسْتُ بيدي سطحًا ساخنًا، فإنَّ إشارات كهروكيميائية تتولَّد في المُستقبِلات الموجودة في الجلد، ثم تنتقل عن طريق العصبونات الحسِّية إلى الجهاز العصبي المركزي. بعد ذلك تستقبل العصبونات الموصلة في الحبل الشوكي هذه الإشارات، ثم تنقل إشارات الاستجابة عن طريق العصبونات الحركية إلى الجزء المستجيب، وهو في هذه الحالة عضلات اليد، فتنقبض العضلات لإبعاد اليد عن مصدر الحرارة.

يُسمّى هذا النوع من الاستجابة ردَّ الفعل المُنعكِس، وهو لا يحتاج إلى أمر من الدماغ؛ فبالرغم من أنَّ الإحساس بالحرارة يصل إلى الدماغ، فإنَّ ردَّ الفعل يكون سريعًا قبل أنْ يُدرِك الدماغ الرسالة التي وصلته. أمّا المسار الذي تسلكه الإشارة العصبية فيُعرَف بالقوس الانعكاسي.

أتحقَّق: ما وظيفة الجهاز العصبي الجسمي؟

الجدول (1): تصنيف العصبونات بحسب وظيفتها.

النوع	الوصف	الشكل
العصبونات الحسِّية Sensory Neurons	نقل إشارات من المُستقبِلات الحسِّية إلى الجهاز العصبي المركزي.	
العصبونات الحركية Motor Neurons	نقل إشارات من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات أو الغُدد.	
العصبونات الموصلة Interneurons	العمل بوصفها حلقة وصل بين النوعين الأُخريين من العصبونات؛ أي العصبونات الحسِّية، والعصبونات الحركية.	



الشكل (5): ردُّ الفعل المنعكس والقوس الانعكاسي.

الجهاز العصبي الذاتي Autonomic Nervous System

ينظم الجهاز العصبي الذاتي العديد من وظائف الجسم اللاإرادية، ويتكون من جهازين يعملان معًا، ويُمثِّلان القَدْر نفسه من الأهمية، وهما: الجهاز العصبي الودّي Sympathetic Nervous System، والجهاز العصبي شبه الودّي Parasympathetic Nervous System. لهذين الجهازين تأثيرات مُتعاكِسة على الأعضاء في الجسم؛ إذ يعمل الجهاز العصبي الودّي على إعداد الجسم للانفعالات والحالات الطارئة، بما يُعرَف باستجابة الكَرِّ والفَرِّ (Fight or Flight)، وتثبيط عمل الأعضاء التي لا تخدم هذه الاستجابة. أمّا الجهاز العصبي شبه الودّي فيُسبِّب ما يُعرَف باستجابة الراحة والهضم؛ إذ يعمل في حالات الجسم الطبيعية، أو يساعد الجسم على العودة إلى وضعه الطبيعي، أنظر الشكل (6).

أفكّر: ما التغيُّرات التي تحدث في جسم والدٍ شاهد طفله يَهُمُّ بعبور شارع مكتظ بالسيارات من دون الالتزام بقواعد المرور؟

الشكل (6): تأثير الجهاز العصبي الودّي والجهاز العصبي شبه الودّي في بعض أعضاء الجسم.

تركيب العصبونات The Structure of Neurons

يُعَدُّ العصبون (الخلية العصبية) الوحدة الوظيفية للجهاز العصبي، ويتكوَّن من أربعة أجزاء رئيسة، هي:

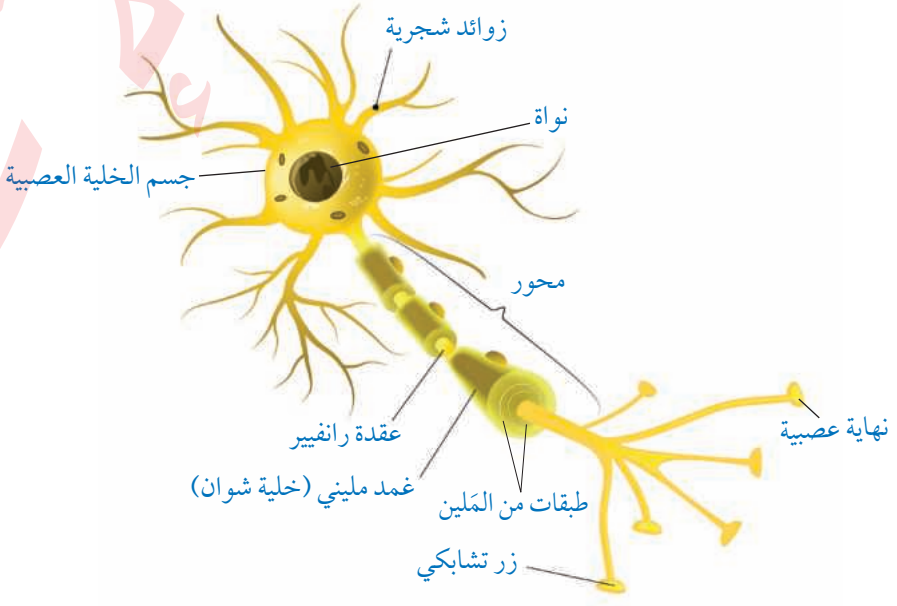
- **جسم الخلية** Cell Body: يحتوي هذا الجزء على النواة وعضيّات الخلية الأخرى.
- **الزوائد الشجرية** Dendrites: امتدادات من جسم الخلية العصبية تُمثِّل نقاط اتصال بالخلايا الأُخرى، وتحمل السيالات العصبية في اتجاه جسم الخلية.
- **المحور** Axon: امتداد آخر للسيتوبلازم من جسم الخلية يحمل السيالات العصبية بعيدًا عن جسم الخلية، ويتفرّع في نهايته، وتنتهي معظم التفرُّعات بمنطقة التشابك العصبي.
- **النهايات العصبية** Axon Terminals: نقاط اتصال بين عصبون وآخر، أو بين عصبون وخلية عضلية أو غُدَّة، ويوجد في كل نهاية عصبية زرّ تشابكي يحوي نواقل عصبية. أنظر الشكل (7).

يُحاط العديد من محاور العصبونات بغمد مليني Myelin Sheath، وهو يتكوَّن من طبقات مُتعدِّدة من الأغشية البلازمية لخلية شوان Schwann Cell، وهي نوع من الخلايا الدبقية التي توجد بشكل رئيس في الجهاز العصبي الطرفي. ويُطلَق على العصبونات التي يحيط بها هذا الغمد اسم العصبونات المليئة Myelinated Neurones، في حين تُسمّى العصبونات غير المحاطة بالغمد المليني العصبونات غير المليئة Non Myelinated Neurones. بينما تُسمى الفجوات بين خلايا شوان المتجاورة **عقد رانفيير** **Nodes of Ranvier**.

الربط بعلم الأنسجة

العصب هو مجموعة من المحاور العصبية المحاطة بنسيج ضامّ تربط الجهاز العصبي المركزي بأعضاء الجسم المختلفة، وتمثل الجهاز العصبي الطرفي، وتنقل المعلومات إلى الجهاز العصبي المركزي ومنه.

✓ **أتحقَّق:** ما علاقة الزوائد الشجرية بالمحور؟



الشكل (7): تركيب العصبون.

تكوُّن السيال العصبي وانتقاله
Formation and Transmission of a Nerve Impulse

يمتاز الغشاء البلازمي للخلايا العصبية، شأنه في ذلك شأن معظم الخلايا، بوجود شحنة كهربائية نتيجة وجود اختلاف في توزيع الأيونات على جانبي الغشاء؛ فيكون داخل الخلية مشحونًا بشحنة سالبة مقارنةً بخارجها، ويُولِّد اختلاف الشحنة الكهربائية على جانبي الغشاء ما يُسمّى فرق الجهد Potential. يُطلَق على الإشارات الكهروكيميائية (السيالات العصبية) التي ينقلها الجهاز العصبي اسم **جهد الفعل Action Potential.**

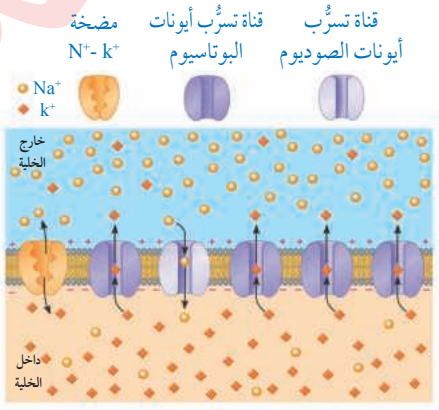
أُفكِّر: ما علاقة جهد الفعل بالدارة الكهربائية؟

جهد الراحة Resting Potential

يبلغ فرق الجهد بين داخل الخلية العصبية وخارجها في كثير من العصبونات نحو 70 mV−، ويُطلَق على هذه المرحلة اسم **جهد الراحة Resting Potential.**

فكيف يتكوَّن جهد الراحة؟

تُسهِم أيونات الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+ إسهامًا فاعلًا في تولُّد جهد الراحة؛ إذ تعمل مضخة أيونات الصوديوم والبوتاسيوم $Na^+ - K^+$ Pump على نقل ثلاثة أيونات صوديوم إلى خارج محور العصبون، وأيوني بوتاسيوم إلى داخله، مُسبِّبةً توزيعًا غير متساوٍ لهذه الأيونات داخل الخلية وخارجها، أنظر الشكل (8).



الشكل (8): توزُّع الأيونات على جانبي غشاء العصبون في أثناء جهد الراحة.

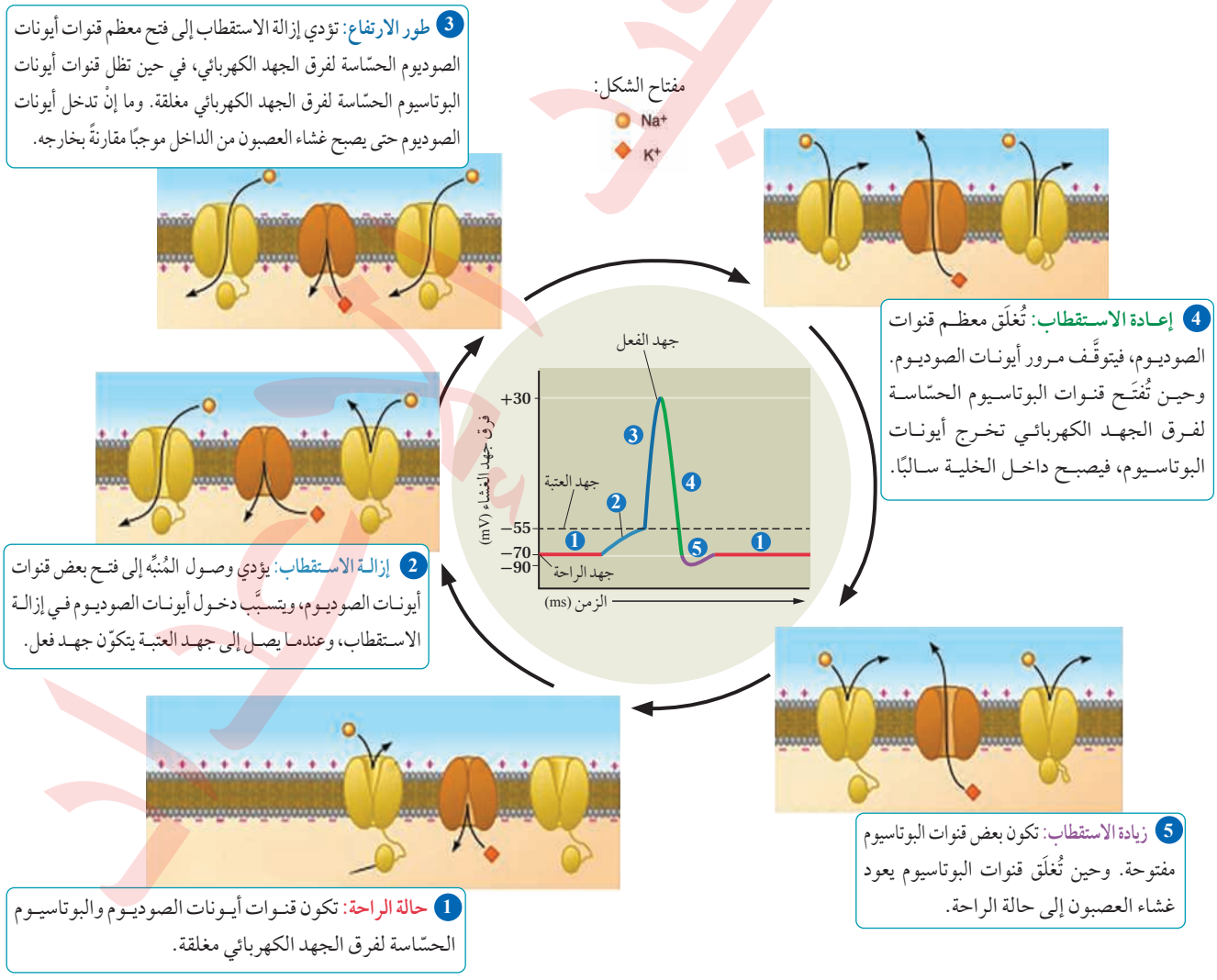
تسعى أيونات الصوديوم والبوتاسيوم للوصول إلى حالة الاتزان Equilibrium في التركيز، فتنتقل من مكان وجودها بتركيزٍ أعلى إلى مكان وجودها بتركيزٍ أقل، مُستخدِمةً قنوات تسرُّب Leak Channels خاصة بكلٍّ منها. ولأنَّ الغشاء البلازمي يحوي عددًا أكبر من قنوات التسرُّب الخاصة بأيونات البوتاسيوم مقارنةً بأيونات الصوديوم؛ فإنَّ خروج أيونات البوتاسيوم يكون أسرع من دخول أيونات الصوديوم؛ ما يجعل الخلية سالبةً أكثر من الداخل مقارنةً بخارجها، ويوصَف غشاء الخلية في هذه الحالة بأنَّه مستقطب Polarized، ويُعرَف مقدار هذا الاستقطاب بجهد الراحة، أنظر الشكل (9).

جهد الفعل The Action Potential

يظل العصبون في حالة راحة حتى يُحفَّز بمُنبِّهٍ مناسب Stimulus يصله عن طريق خلية عصبية أُخرى، أو أحد المُستقبِلات الحسِّية؛ ما يُسبِّب زيادة في نفاذية الغشاء البلازمي لبعض أنواع الأيونات الموجبة، مثل الصوديوم. يؤدي دخول أيونات موجبة عبر قنوات التسرُّب إلى تغيُّر فرق جهد الغشاء حتى يصل إلى قيمة تُسمّى جهد العتبة Threshold Potential الذي يبلغ في كثير من العصبونات 55mV−؛ ما يؤدي إلى فتح قنوات أيونات الصوديوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي Voltage Gated Na^+ Channels، فتندفع أيونات الصوديوم إلى داخل العصبون بكميات كبيرة؛ ما يؤدي إلى إزالة الاستقطاب Depolarization، واستمرار اندفاعها يؤدي إلى الوصول إلى فرق جهد 30 mV+ تقريبًا، فتُغلَق هذه القنوات، أنظر الشكل (9).

الشكل (9): المراحل التي يمر بها العصبون قبل وصول مُنبِّه مناسب، وبعد وصوله.

أوضح: كيف تحدث عملية إزالة الاستقطاب؟



1 حالة الراحة: تكون قنوات أيونات الصوديوم والبوتاسيوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي مغلقة.

2 إزالة الاستقطاب: يؤدي وصول المُنبِّه إلى فتح بعض قنوات أيونات الصوديوم، ويتسبَّب دخول أيونات الصوديوم في إزالة الاستقطاب، وعندما يصل إلى جهد العتبة يتكوّن جهد فعل.

3 طور الارتفاع: تؤدي إزالة الاستقطاب إلى فتح معظم قنوات أيونات الصوديوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي، في حين تظل قنوات أيونات البوتاسيوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي مغلقة. وما إنْ تدخل أيونات الصوديوم حتى يصبح غشاء العصبون من الداخل موجبًا مقارنةً بخارجه.

4 إعادة الاستقطاب: تُغلَق معظم قنوات الصوديوم، فيتوقَّف مرور أيونات الصوديوم. وحين تُفتَح قنوات البوتاسيوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي تخرج أيونات البوتاسيوم، فيصبح داخل الخلية سالبًا.

5 زيادة الاستقطاب: تكون بعض قنوات البوتاسيوم مفتوحة. وحين تُغلَق قنوات البوتاسيوم يعود غشاء العصبون إلى حالة الراحة.

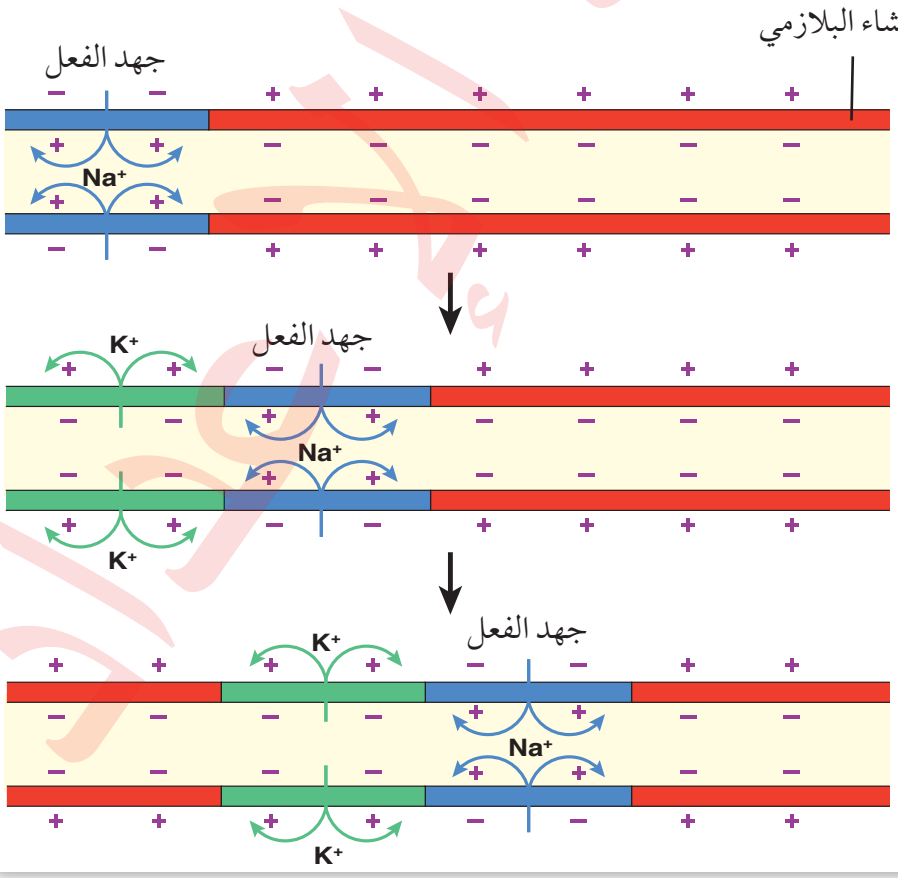
بعد أنْ تُغلَق قنوات أيونات الصوديوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي تُفتَح قنوات أيونات البوتاسيوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي Voltage Gated K^+ Channels، فيتدفَّق البوتاسيوم إلى خارج العصبون؛ ما يؤدي إلى إعادة الاستقطاب Repolarization. تظل هذه القنوات مفتوحة، ويستمر تدفُّق أيونات البوتاسيوم إلى الخارج حتى تصل إلى فرق جهد 90 mV–، وهو ما يُعرَف بزيادة الاستقطاب Hyperpolarization، أنظر الشكل (9). وتسهم كل من قنوات التسرُّب ومضخة أيونات الصوديوم والبوتاسيوم في إعادة تكوين جهد الراحة.

✓ **أتحقَّق:** ما المقصود بزيادة الاستقطاب؟

انتقال السيال العصبي على طول المحور

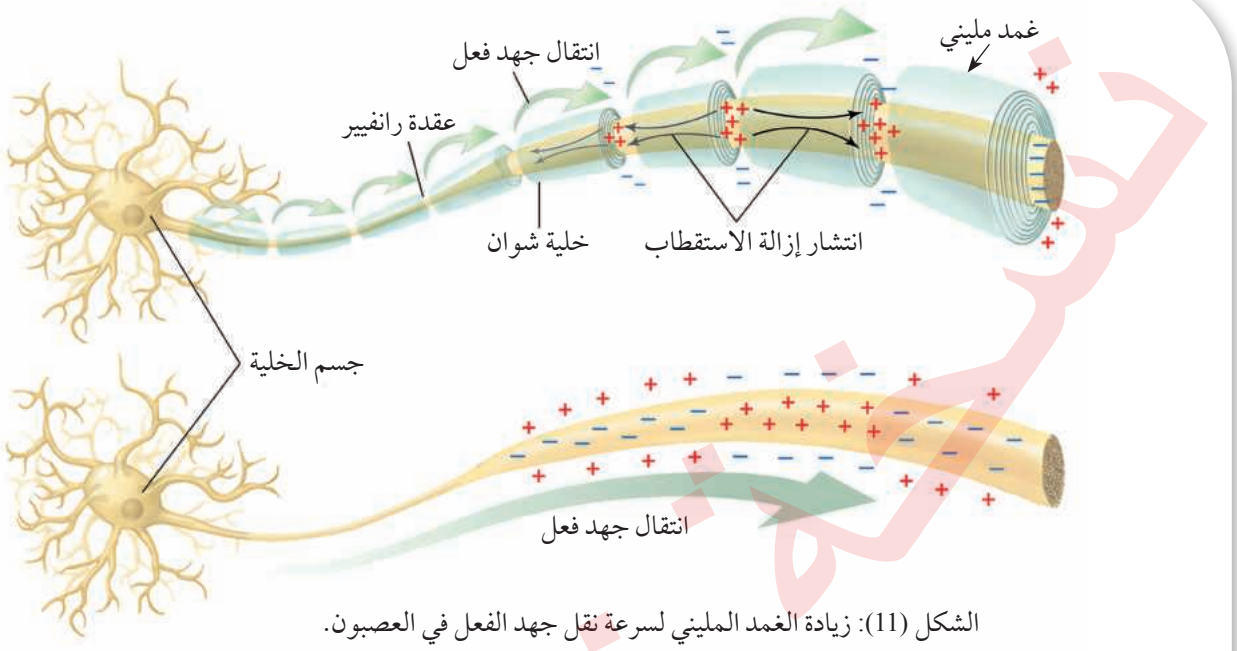
Transmission of Nerve Impulse along the Axon

تكوّن جهد فعل في منطقة ما من محور العصبون يؤدي إلى إزالة الاستقطاب في المنطقة المجاورة من الغشاء، ليصل إلى جهد العتبة، فينشأ جهد فعل جديد، وهكذا، ثم ينتقل السيال العصبي على طول المحور، أنظر الشكل (10).



الشكل (10): انتقال السيال العصبي على طول محور العصبون.

أوضح: كيف ينتقل السيال العصبي على طول المحور؟



الشكل (11): زيادة الغمد المليني لسرعة نقل جهد الفعل في العصبون.

ما إنْ يبدأ تكوُّن جهد الفعل حتى يتعذَّر البدء بجهد فعل آخر إلّا بعد انقضاء مدَّة زمنية تُسمّى **فترة الجموح المُطلَق Absolute Refractory Period**، وفيها تكون قنوات أيونات الصوديوم الحساسة لفرق الجهد الكهربائي غير فاعلة.

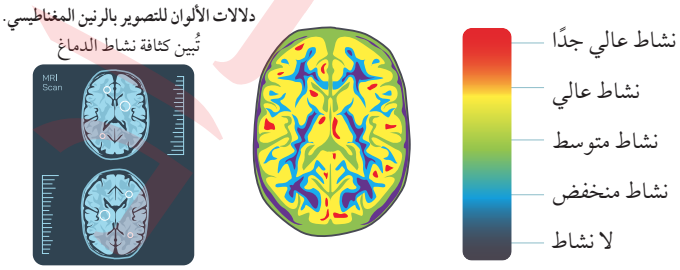
تعتمد سرعة انتقال السيال العصبي على قُطْر محور العصبون؛ فكلَّما زاد القُطْر زادت السرعة، وتعتمد سرعة الانتقال أيضًا على وجود الغمد المليني وسُمْكه؛ فوجود الغمد يزيد من سرعة انتقال السيال العصبي؛ إذ ينتقل جهد الفعل من عقدة رانفيير إلى عقدة أُخرى، أنظر الشكل (11). ويُطلَق على هذا النوع من انتقال السيال العصبي اسم **النقل الوثبي Saltatory Conduction.**

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح أهمية الغمد المليني في سرعة نقل السيال العصبي.

الربط بعلم الفيزياء

التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي (fMRI): هي تقنية مُطوَّرة عن التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)، تعتمد على قياس التغيُّرات في تدفُّق الدم المُؤكسَج في مناطق الدماغ المختلفة. عندما تصبح منطقة معينة من الدماغ نشطة، يزداد تدفُّق الدم الغني بالأكسجين إليها لتلبية احتياجاتها من الطاقة.

تُستخدَم هذه التقنية بشكل واسع في البحوث العصبية، لتحديد المناطق النشطة في الدماغ أثناء قيام الشخص بمهام معينة مثل: التفكير، أو التحدث، أو تحريك الأطراف. يتم ذلك عن طريق ملاحظة التغيرات في الإشارات المغناطيسية التي يصدرها الأكسجين الموجود في الدم.



الربط بعلم الكيمياء

الأمينات الحيوية (Biogenic Amines) هي مُركّبات كيميائية عضوية تحتوي على مجموعة أمين (NH_2)، تُصنَّع في الجسم من أحماض أمينية وتعمل بوصفها نواقل عصبية (Neurotransmitters) وهرمونات. تشمل الأمينات الحيوية الشائعة: الدوبامين، والنورإبينفرين، والأدرينالين، والسيروتونين، والهيستامين.

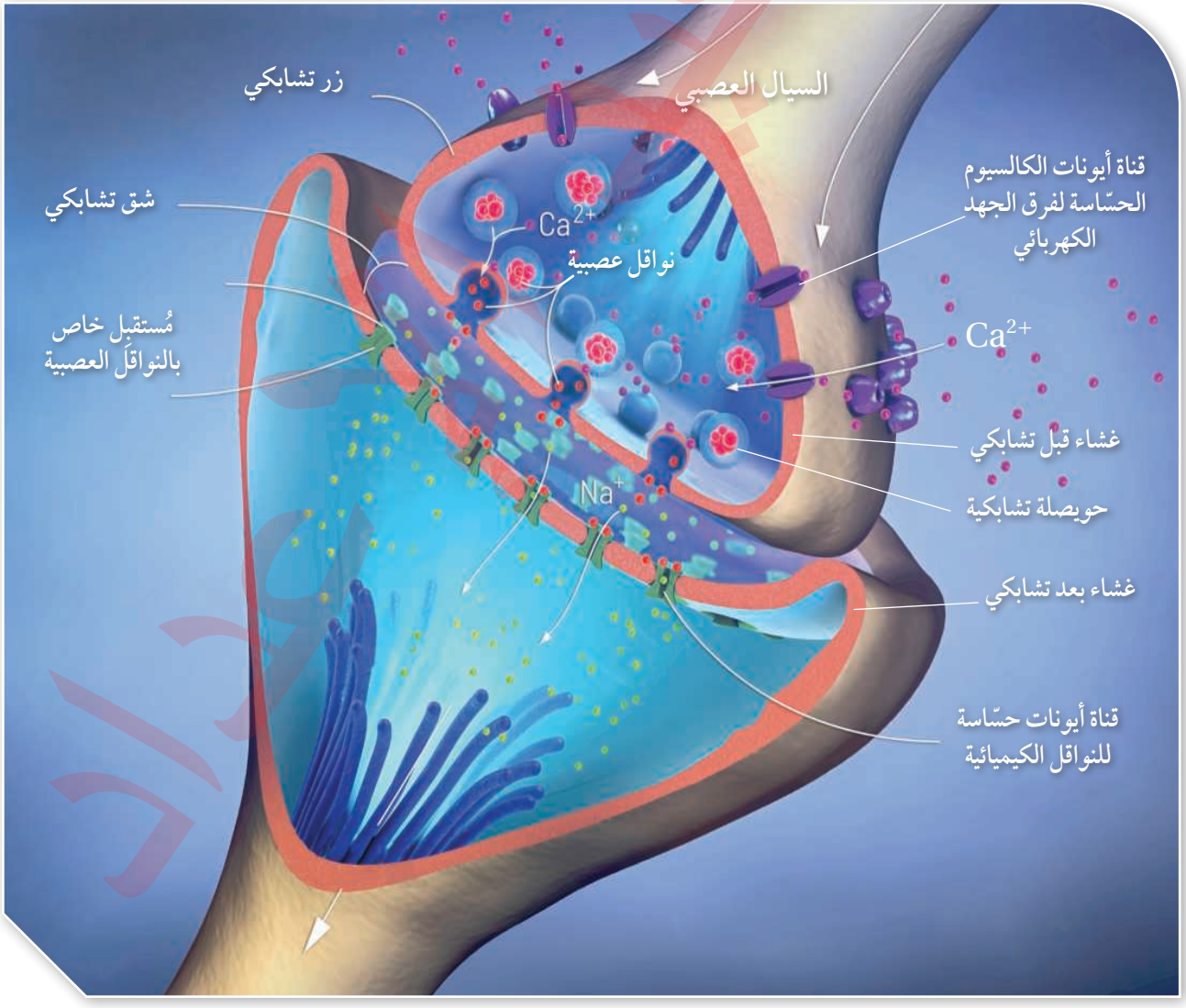
التشابك العصبي The Synapse

تبدأ الخلية العصبية بالتفرُّع عند الطرف النهائي للمحور، مُكوِّنةً نهايات المحور Axon Terminals. وحين يلتقي عصبون بآخر ينشأ في مكان التقاء الخليتين ما يُعرَف بالتشابك العصبي The Synapse، وتُسمّى المسافة التي تفصل بين الخليتين الشق التشابكي Synaptic Cleft.

تحتوي نهايات المحور على أزرار تشابكية فيها حويصلات تشابكية Synaptic Vesicles تحوي مواد كيميائية تُسمّى النواقل العصبية Neurotransmitters، مثل الأستيل كولين، أنظر الشكل (12).

الشكل (12): انتقال السيال العصبي في منطقة التشابك العصبي.

أستنتج كيف ينتقل السيال العصبي إلى العصبون بعد التشابكي؟



لتعرُّف خطوات انتقال السيال العصبي في منطقة التشابك العصبي، أُلاحِظ المُخطَّط الآتي:

وصول السيال العصبي إلى الزر التشابكي يؤدي إلى فتح قنوات أيونات الكالسيوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي، فتدخل أيونات الكالسيوم داخل الزر التشابكي.

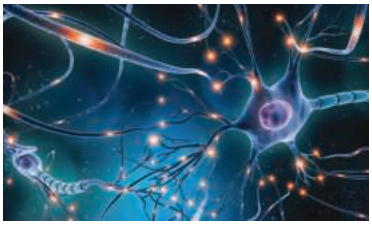
ارتباط أيونات الكالسيوم بالحويصلات التشابكية يؤدي إلى اندفاع الحويصلات نحو الغشاء قبل التشابكي، فتندمج فيه، ويتحرَّر الناقل العصبي، ليخرج إلى الشق التشابكي.

ارتباط الناقل العصبي بمُستقبِلات خاصة في غشاء العصبون بعد التشابكي يؤدي إلى دخول أيونات الصوديوم، ثم انتقال جهد الفعل.

أتحقَّق: ما الذي يُسبِّب إطلاق النواقل العصبية في الشق التشابكي؟

الربطُ بالصحّةِ

تُسبب المخدرات أضرارًا جسيمة بصحة الجسم، فهي تُؤثِّر سلبًا على الجهاز العصبي، وتُسبِّب اضطرابات في وظائف الدماغ، مثل الهلوسة واضطرابات التفكير، كما تُؤدِّي إلى خلل في توازن عمل الجهاز العصبي، وتُشوِّش الحواس، وتُسبِّب الاكتئاب والقلق. بالإضافة إلى ذلك، تُؤثِّر المخدرات على صحة القلب والأوعية الدموية، وتزيد من خطر الإصابة بأمراض الكبد والكلى، وتُضعِف جهاز المناعة، مما يجعل الجسم أكثر عرضة للإصابة بالأمراض.



الربط بالطب والتكنولوجيا

التخطيط الكهربائي للدماغ Electroencephalogram (EEG)

هو اختبار طبي يُظهِر النشاط الكهربائي في الدماغ، ويُستعمَل غالبًا للكشف عن النوبات، أو التشنُّجات، أو غير ذلك من نشاط غير طبيعي للدماغ. يبدأ الاختبار بتوصيل عدد من الأقطاب الكهربائية بفروة الرأس، فتعمل هذه الأقطاب على استشعار ما يصدر عن خلايا الدماغ العصبية من أمواج كهربائية، وتدوينها.

يساعد تخطيط الدماغ على كشف العديد من المشكلات الصحية التي تصيب الدماغ، مثل: الصرع، والأورام، والسكتة الدماغية، واضطرابات النوم، وتشخيص الموت السريري للدماغ في حالات الإغماء الطويلة.

نشاط

تركيب الدماغ

المواد والأدوات: دماغ خروف، صينية تشريح، أدوات تشريح، قفّازات.

إرشادات السلامة: استعمال أدوات التشريح بحذر.

ملحوظة: يمكن استخدام نموذج ثلاثي الأبعاد لدماغ الإنسان عند تعذر الحصول على دماغ الخروف.

خطوات العمل:

1. أتأمّل شكل الدماغ، وأتعرَّف أجزاءه، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.
2. **أُجرِّب** أنْ أفصل نصفي الدماغ أحدهما عن الآخر، هل توجد نقاط اتصال بينهما؟
3. أفصل نصفي الدماغ فصلًا كاملًا، ثم أدرس الأجزاء الداخلية لكلٍّ منهما.

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتج:** ما أجزاء الدماغ الرئيسة؟
2. ما وظائف أجزاء الدماغ التي تعرَّفْتُها؟
3. أُحدِّد المخيخ.

بعض مشكلات الجهاز العصبي Some of Nervous System Disorders

مرض ألزهايمر Alzheimer' s Disease

يكشف فحص أدمغة الأفراد الذين يُتوفَّون وكانوا مصابين بمرض الزهايمر وجود تشابكات ليفية عصبية في أنسجة المخ تحيط بتجمُّعات صُلبة وغير طبيعية من البروتين، تتشكّل هذه التجمعات في الفراغات بين الخلايا العصبية، مما يعيق التواصل بينها ويؤدي إلى موتها بمرور الوقت. ويُعدّ التقدّم في العمر أحد العوامل الرئيسة للإصابة بهذا المرض، ومن أعراضه: فقدان الذاكرة والنسيان، وصعوبة في التركيز والتفكير والاستيعاب. وعلى الرغم من عدم وجود طريقة فاعلة للوقاية من المرض، فإن بعض العادات الصحية قد تساعد في تقليل احتمالية الإصابة به، منها: اتباع نظام غذائي متوازن وصحي غنيّ بالفواكه والخضروات، وممارسة التمارين الرياضية بانتظام، والإقلاع عن التدخين للمحافظة على صحة الدماغ والجهاز العصبي.

الشلل الدماغي Cerebral palsy

اضطراب عصبي ناتج عن تلف أجزاء معينة من الدماغ أثناء نمو الجنين، وقد يحدث هذا التلف قبل الولادة أو أثناءها أو في مرحلة الطفولة المبكرة. وقد ينتج عن عدة عوامل، منها: العدوى الفيروسية، أو نقص الأكسجين أثناء الولادة. ومن أعراضه: عدم التوازن في الأطراف، وصعوبة التحكم بالحركات، ومشكلات في النطق. لا يوجد علاج شافٍ لهذا المرض، ولكن يمكن التخفيف من أعراضه وتحسين طبيعة حياة الشخص المصاب باستخدام بعض أنواع الأدوية، والخضوع لجلسات العلاج الطبيعي لتعزيز الحركة والتوازن.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة**: ما أهمية الجهاز العصبي في جسم الإنسان؟
2. أوضح دور أيونات الكالسيوم في انتقال السيال العصبي من عصبون إلى آخر.
3. **أُقارِن** بين كلٍّ ممّا يأتي:
   - تأثير الجهاز العصبي الودّي والجهاز العصبي شبه الودّي في القلب والجهاز الهضمي.
   - سرعة انتقال السيال العصبي في محاور العصبونات الملينة وغير الملينة.
4. **أُفسِّر** كيف يتكوَّن جهد الراحة في العصبون.
5. أرسم مُخطَّطًا سهميًّا يُوضِّح عملية انتقال السيال العصبي في منطقة التشابك العصبي.
6. أوضح العوامل التي تعتمد عليها سرعة انتقال السيال العصبي.
7. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:**

1. الجزء من الدماغ الذي ينقل المعلومات إلى المنطقة المناسبة في المخ، بعد استقبال الرسائل من المُستقبِلات الحسِّية في مختلف أنحاء الجسم، هو:

أ . المخيخ. ب. المخ.

جـ. تحت المهاد. د. المهاد.

2. يخرج من الحبل الشوكي:

أ . 30 زوجًا من الأعصاب.　　ب. 31 زوجًا من الأعصاب.

جـ. 35 زوجًا من الأعصاب.　　د . 32 زوجًا من الأعصاب.

3. الجهاز العصبي الذي له ارتباط بردّ الفعل المنعكس، هو:

أ. الجهاز العصبي الذاتي.　　ب. الجهاز العصبي الحسِّي.

جـ. الجهاز العصبي الجسمي.　　د. الجهاز العصبي الودّي.

4. من الاستجابات التي يؤدّيها الجهاز العصبي الودّي:

أ. الراحة والهضم.　　ب. يحفز تفريغ المثانة.

جـ. يحفز نشاط البنكرياس.　　د. الكرّ والفرّ.

5. يتكوّن الغمد الملييني من:

أ . طبقات مُتعدِّدة من الأغشية البلازمية لخلية شوان.

ب. طبقة واحدة من الأغشية البلازمية لخلية شوان.

جـ. طبقتين من الأغشية البلازمية للزوائد الشجرية.

د . طبقات مُتعدِّدة من من البروتينات.

6. من أعراض مرض ألزهايمر:

أ . صعوبة التحكُّم في الحركات.

ب. مشكلات في النطق.

جـ. عدم التوازن في الأطراف.

د . صعوبة في التركيز والتفكير.

نسخة تجريبية

الإحساس والاستجابة في جسم الإنسان وبعض مشكلاتهما

Sensation and Response in the Human Body and some of their Problems

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

تستجيب المُستقبِلات الحسِّية للمُنبِّهات، فتُحوِّلها إلى إشارات تنتقل على شكل سيالات عصبية إلى الجهاز العصبي المركزي؛ ليُفسِّرها، ويُصدِر أوامره لأعضاء الاستجابة.

نتاجات التعلُّم:

- أُفسِّر الإحساس بالمُنبِّهات الداخلية والخارجية من خلال المستقبلات الحسية المختلفة، واستجابة الجسم لها .
- أصف بعض مشكلات المستقبلات الحسية .

المفاهيم والمصطلحات:

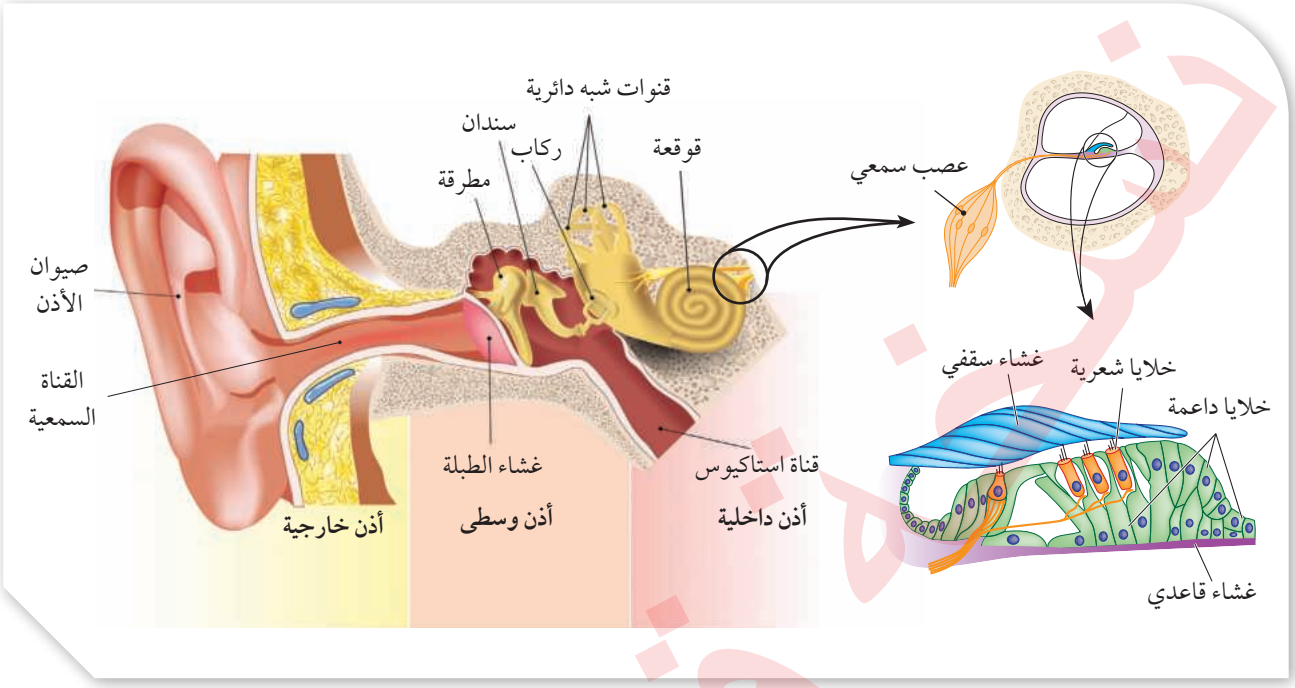
البقعة المركزية	Fovea Centralis
البقعة العمياء	Blind Spot

المُستقبِلات الحسِّية Sensory Receptors

يُطلَق على التراكيب المُتخصِّصة التي تستقبل المُنبِّهات ثم تُحوِّلها إلى إشارات تنتقل على شكل سيالات عصبية اسم المُستقبِلات الحسِّية Sensory Receptors، وهي تُصنَّف بحسب نوع المُنبِّه الذي تستجيب له، أنظر الجدول (2).

الجدول (2): بعض أنواع المُستقبِلات الحسِّية في جسم الإنسان.

نوع المُستقبِل	المُنبِّه	أمثلة على أماكن وجود المُستقبِلات	الوظيفة
المُستقبِلات الميكانيكية Mechanoreceptors	– الضغط. – الاهتزاز.	– الجلد. – الأذن الداخلية.	– اللمس. – السمع.
مُستقبِلات الضوء Photoreceptors	– الضوء.	– العين.	– الرؤية. – تمييز الألوان.
المُستقبِلات الأسموزية Osmoreceptors	– تغيُّر الضغط الأسموزي.	– تحت المهاد.	– تنظيم مستويات الماء والمواد الذائبة فيه داخل الجسم.
المُستقبِلات الكيميائية Chemoreceptors	– المواد الكيميائية.	– اللسان. – الأنف.	– التذوُّق. – الشم.
المُستقبِلات الحرارية Thermoreceptors	– تغيُّر درجة الحرارة.	– الجلد.	– تنظيم درجة حرارة الجسم.
مُستقبِلات الألم Nociceptors	– الضغط المفرط. – الحرارة والبرودة المفرطتان.	– الجلد.	– الكشف عن الألم، أو احتمال تلف الأنسجة.



الشكل (13): تركيب الأذن.

المُستقبِلات الميكانيكية Mechanoreceptors

تُعرَف المُستقبِلات الموجودة في الأذن الداخلية بالخلايا الشعرية Hair Cells، وتُعَدُّ أحد الأمثلة على المُستقبِلات الميكانيكية التي تُستخدَم في عملية السمع. لمعرفة تركيب الأذن، أنظر الشكل (13).

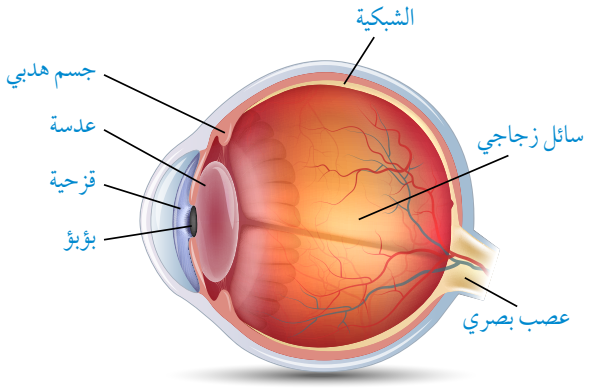
تدخل الموجات الصوتية التي يجمعها الصيوان في الأذن عن طريق القناة السمعية؛ فيهتز غشاء طبلة الأذن، ثم ينتقل الاهتزاز إلى ثلاث عظيمات صغيرة تقع في الأذن الوسطى، هي: المطرقة Malleus، والسندان Incus، والرِّكاب Stapes، ثم ينتقل اهتزازها إلى تركيبٍ في الأذن الداخلية يُشبِه الحلزون يُسمّى القوقعة Cochlea، يمتلئ بسائل لمفي، أنظر الشكل (13).

تُسبِّب الاهتزازات موجات ضغط في السائل الموجود داخل القوقعة؛ فتتحرَّك أهداب الخلايا الشعرية ليتكوّن جهد فعل ينتقل عن طريق العصب السمعي إلى الدماغ حيث يُدرَك الصوت.

✓ **أتحقَّق:** ما دور المُستقبِلات الميكانيكية في عملية السمع؟

المُستقبِلات الضوئية Photoreceptors

توجد المُستقبِلات الضوئية Photoreceptors في العين، أنظر الشكل (14) الذي يُبيِّن تركيب العين.



الشكل (14): تركيب العين.

تحتوي شبكية العين على نوعين من مُستقبِلات الضوء، هما: العِصِيُّ Rods، والمخاريط Cones، أنظر الشكل (15). تساعد المخاريط الإنسان على تمييز الألوان بعضها من بعض، أمّا العصي فهي أكثر حساسية في الضوء الخافت؛ ما يجعلها مهمة جدًّا للرؤية الليلية.

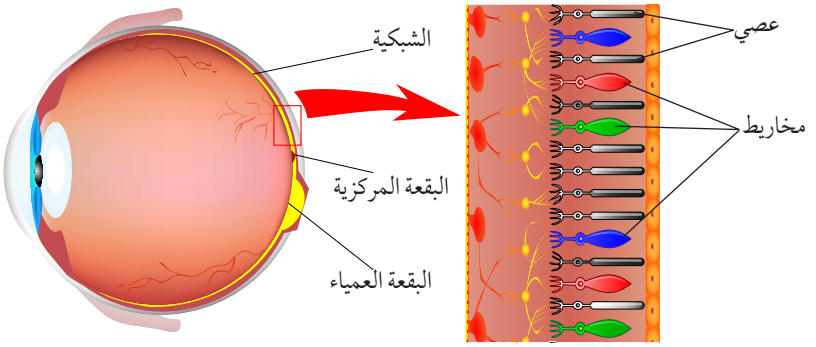
توجد ثلاثة أنواع من المخاريط: نوع يستجيب للضوء الأحمر، ونوع يستجيب للضوء الأخضر، ونوع يستجيب للضوء الأزرق، علمًا بأنَّ التداخل في أطوال الموجات الضوئية التي تمتصها المخاريط يتيح للإنسان رؤية الألوان جميعها. وتجدر الإشارة إلى أنَّ المخاريط تتركَّز في جزء من الشبكية يُسمّى **البقعة المركزية Fovea Centralis.**

عندما يسقط الضوء على المُستقبِلات الضوئية، يتغيَّر شكل جزيئات الصبغة الموجودة في كلٍّ منها، ويحدث جهد فعل ينتقل عن طريق العصب البصري إلى الدماغ حيث تُدرَك الصورة، ويُطلَق على منطقة خروج العصب البصري من العين إلى الدماغ اسم **البقعة العمياء Blind Spot**؛ لأنَّها تخلو من المُستقبِلات الضوئية.

أتحقَّق: أُقارِن بين العِصِيِّ والمخاريط من حيث الوظيفة.

الربطُ بعلم التشريح

تتحكّم القُزَحِيَّة في كمية الضوء الداخل إلى العين عن طريق ضبط قُطر بؤبؤ العين واتساعه، وتمتاز بتنوّع ألوانها بين الأفراد، أمّا الجسم الهدبي فيساعد في تغيير شكل العدسة وفقًا لبُعد الأجسام المختلفة.



الشكل (15): مُستقبِلات الضوء في شبكية العين.

بعض مشكلات المستقبلات الحسية

Some of Sensory Receptors Disorders

فقدان السمع Deafness

هو فقدان جزئي أو كلّي للقدرة على سماع الأصوات. وقد يكون خَلقيًّا أو ناتجًا عن التقدم في العمر والشيخوخة، أو الإصابة بالأمراض، أو التعرّض للضوضاء العالية. ويرجع سبب فقدان السمع إلى خلل في الخلايا الشعرية داخل الأذن التي ينتج عنها تكوين جهد الفعل الذي ينتقل مع العصب السمعي للدماغ، وقد ينتج عن خلل في أحد أجزاء الأذن الخارجية أو الوسطى أو الداخلية كالقوقعة أو العصب السمعي. وللوقاية من هذه المشكلة يمكن استخدام سماعات الأذن الواقية عند تشغيل الآلات الصاخبة بشكل منتظم، ويُنصَح بالابتعاد عن استخدام سماعات الأذن المرتبطة بالهاتف أو غيرها من الأجهزة الكهربائية، وفي بعض الحالات يمكن اللجوء إلى زراعة القوقعة الصناعية للمساعدة على استعادة السمع.

قصر النظر Myopia

حالة شائعة تُظهر الأشياء البعيدة غير واضحة بسبب تكون الصورة أمام الشبكية، وتحدث لأسباب مختلفة، مثل زيادة تحدب العدسة، أو نتيجة لعوامل وراثية أو بيئية مثل الاستخدام المفرط للأجهزة الالكترونية، ومن أعراضها: الرؤية الضبابية للأشياء البعيدة، والصداع، وإجهاد العين. ويمكن تصحيحه باستخدام النظارات الطبية، مع الحرص على الإضاءة الجيدة، ومسافة مناسبة عند القراءة أو استخدام الأجهزة الإلكترونية.

الربط بالطب والتكنولوجيا

القوقعة الصناعية

تُزرَع القواقع الصناعية للأطفال والبالغين المصابين بفقدان السمع نتيجة تلف الخلايا الشعرية في الأذن الداخلية؛ لمساعدتهم على استعادة القدرة على السمع، أو تحسينها؛ إذ تعمل القوقعة المزروعة عمل الخلايا الشعرية التالفة.

يتكوَّن جهاز القوقعة الصناعية من جزأين؛ أحدهما: المُستقبِل الذي يوضع تحت الجلد خلف الأذن عن طريق فتحة صغيرة، ثم يوصَل بأقطاب توضَع في قوقعة الأذن الداخلية. والآخر: الجزء الخارجي الذي يُثبَّت خلف الأذن، ويحتوي على ميكروفون لالتقاط الموجات الصوتية ونقلها إلى الجزء الداخلي من الجهاز، فينَبِّه العصب السمعي ليرسل إشارات إلى الدماغ فتحدث الاستجابة لها.

نسخة تجريبية

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ما المقصود بالمُستقبِلات الحسِّية؟

2. أرسم مُخطَّطًا سهميًّا يُوضِّح مسار الموجات الصوتية منذ لحظة تجميعها في صيوان الأذن حتى انتقال السيال العصبي إلى الدماغ.

3. **أُصنِّف** المُستقبِلات الحسِّية الآتية إلى أنواعها:
   - الخلايا الشعرية.
   - العِصِيِّ والمخاريط.

4. **أُقارِن** بين المُستقبِلات الأسموزية والمُستقبِلات الكيميائية من حيث المُنبِّهات التي تعمل على تحفيزها، ثم أذكر أمثلة على أماكن وجودها.

5. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:**

   1. التركيب الموجود في الأذن الداخلية ومملوء بالسائل اللمفي، هو:

   أ . السندان. ب. الرِّكاب. جـ. قناة استاكيوس. د. القوقعة.

   2. المُستقبِلات الحسية التي تستجيب للحرارة والبرودة المُفرِطتين، هي:

   أ. المُستقبِلات الكيميائية. ب. مُستقبِلات الألم.
   جـ. المُستقبِلات الحرارية. د . المُستقبِلات الميكانيكية.

   3. ألوان الضوء التي تستطيع المخاريط تمييزها، هي:

   أ . الأحمر، الأزرق، الأخضر. ب. الأزرق، الأصفر، الأخضر.
   جـ. الأزرق، الأبيض، الأسود. د. الأحمر، الأبيض، الأسود.

   4. الجزء من العين الذي يتحكم في كمية الضوء الداخل إلى العين، هو:

   أ . القرنية. ب. الشبكية.
   جـ. الجسم الهدبي. د . القزحية.

   5. يُلجَأ إلى زراعة القوقعة الصناعية للمرضى المصابين بفقدان السمع في حالة:

   أ . تلف غشاء الطبلة.
   ب. تلف الخلايا الشعرية في الأذن الداخلية.
   جـ. تلف قناة استاكيوس.
   د . تلف في الأذن الخارجية.

الغُدد الصُّمّ والاتزان وبعض مشكلاتهما

Endocrine Glands and Homeostasis and some of their Problems

الدرس 3

الفكرة الرئيسة:

لجهاز الغُدد الصُّمِّ دور رئيس في التنسيق بين أجهزة الجسم المختلفة؛ لأداء العمليات الحيوية، والمحافظة على الاتزان الداخلي للجسم.

نتاجات التعلُّم:

- أُحدِّد أجزاء جهاز الغُدد الصُّمِّ، ووظيفة كل جزء منها.
- أُبيِّن كيفية الحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم.
- أصف بعض مشكلات جهاز الغدد الصم.

المفاهيم والمصطلحات:

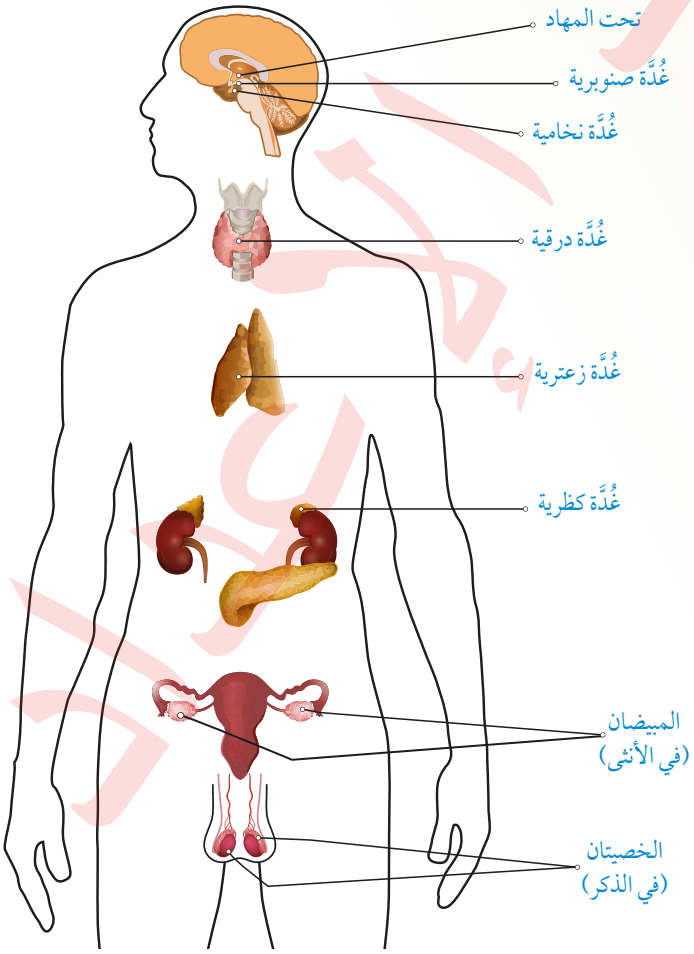
الاتزان الداخلي Homeostasis

التغذية الراجعة السلبية Negative Feedback

يحتوي جسم الإنسان على غُدد تُسهِم في بعض العمليات الحيوية المهمة، وتُصنَّف هذه الغُدد إلى نوعين، هما: الغُدد الإفرازية Exocrine Glands التي تُطلِق إفرازاتها خارج الجسم عن طريق قنوات، أو تُطلِقها مباشرة إلى الجهاز الهضمي. والغُدد الصُّمُّ Endocrine Glands التي تُطلِق إفرازاتها مباشرة في الدم.

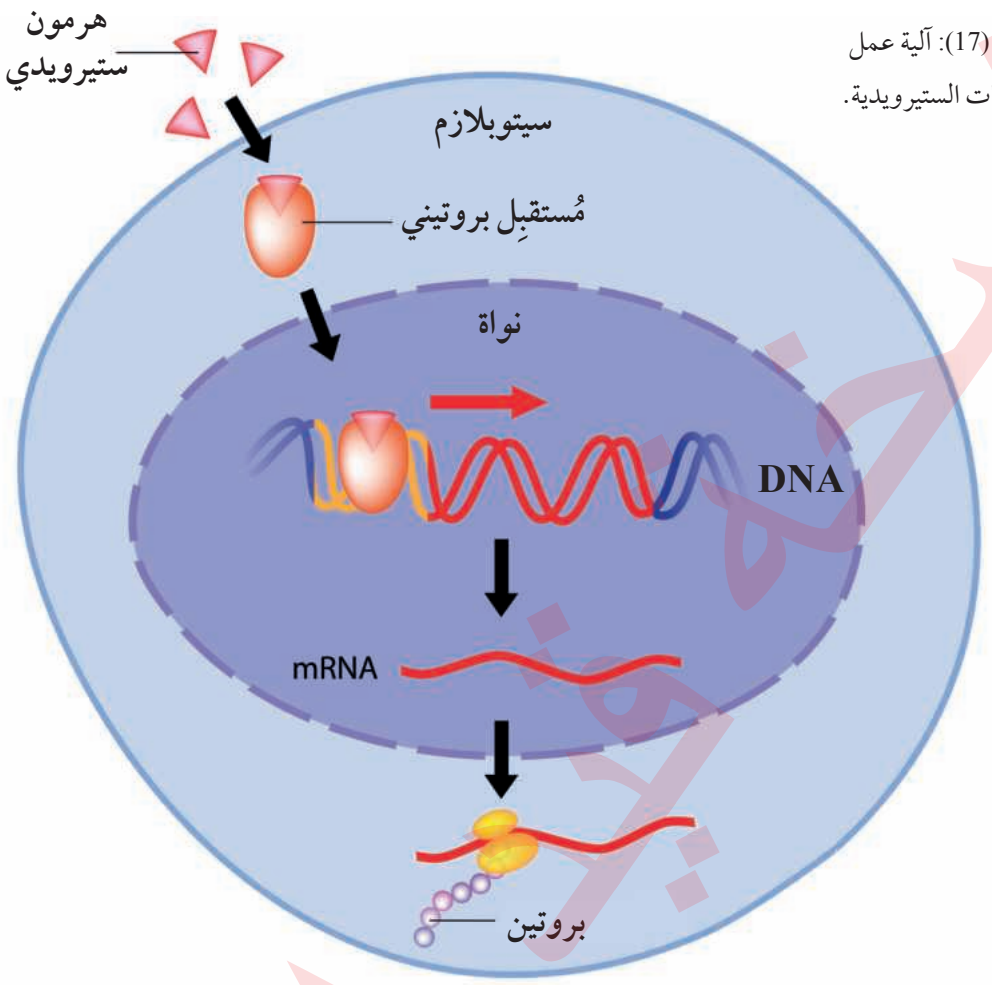
جهاز الغُدد الصُّمِّ Endocrine System

يتكوَّن هذا الجهاز من مجموعة غُدد تُسمّى الغُدد الصُّمَّ، وتُسمّى إفرازات الغُدد الصُّمِّ الهرمونات Hormones، وهي نواقل كيميائية تنتقل في الدم، وتُؤثِّر في أعضاء أُخرى بالجسم تُسمّى الأعضاء المستهدفة Target Organs، أنظر الشكل (16).



الشكل (16): بعض الغُدد الصُّمِّ في جسم الإنسان.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح المقصود بكلٍّ من: الغُدد الصُّمِّ، والغُدد الإفرازية.



الشكل (17): آلية عمل الهرمونات الستيرويدية.

تصنيف الهرمونات Hormones Classification

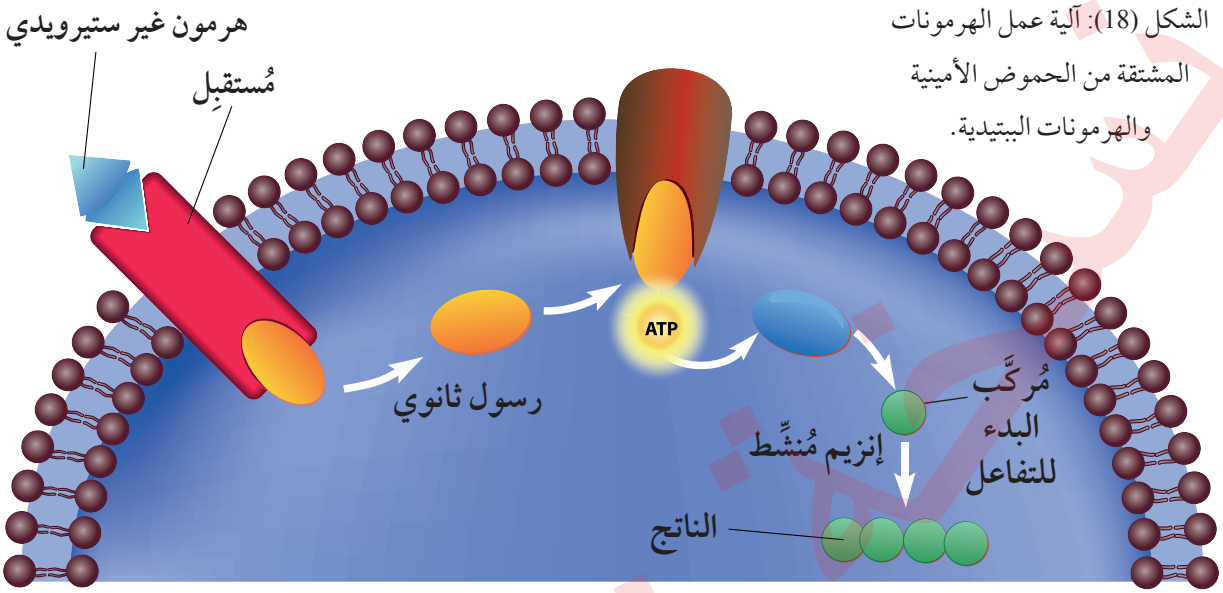
تُصنَّف الهرمونات بحسب تركيبها إلى ثلاث مجموعات، هي:

الهرمونات الستيرويدية Steroid Hormones

هذه الهرمونات جميعها مشتقة من الكولسترول، ومن أمثلتها: هرمون البروجسترون، وهرمون التستوستيرون. وهي ترتبط بمُستقبِلات داخل الخلايا المستهدفة؛ ما يؤدي إلى تحفيز بناء البروتينات داخل هذه الخلايا، أنظر الشكل (17).

الهرمونات المشتقة من الحموض الأمينية Amine Hormones

تندرج تحت الهرمونات غير الستيرويدية، ومن أمثلتها: هرمون الإبينفرن، وهرمون النورإبينفرن، وهما يُعرَفان أيضًا بهرموني الأدرينالين، والنورأدرينالين، أنظر الشكل (18).



الشكل (18): آلية عمل الهرمونات المشتقة من الحموض الأمينية والهرمونات الببتيدية.

الهرمونات الببتيدية Peptides Hormones

تعد من الهرمونات غير الستيرويدية، ومن أمثلتها: هرمون الإنسولين، وهرمون الغلوكاجون.

تشترك الهرمونات المشتقة من الحموض الأمينية والهرمونات الببتيدية في آلية العمل؛ إذ توجد مُستقبِلات هذه الهرمونات على الغشاء البلازمي للخلايا المستهدفة. ويؤدي ارتباط هذه الهرمونات بمُستقبِلاتها إلى تحفيز إنزيماتٍ داخل الخلايا؛ للبدء بمسارات كيميائية حيوية، واستجابة الخلية المستهدفة، أنظر الشكل (18).

✓ **أتحقَّق:** أُقارِن بين آلية عمل كلٍّ من الهرمونات الستيرويدية، والهرمونات غير الستيرويدية.

أُفكِّر: لماذا توجد مُستقبِلات خاصة بالهرمونات المشتقة من الحموض الأمينية والهرمونات الببتيدية على سطح الغشاء البلازمي خلافًا لمُستقبِلات الهرمونات الستيرويدية التي تكون داخل الخلية؟

الاتزان الداخلي Homeostasis

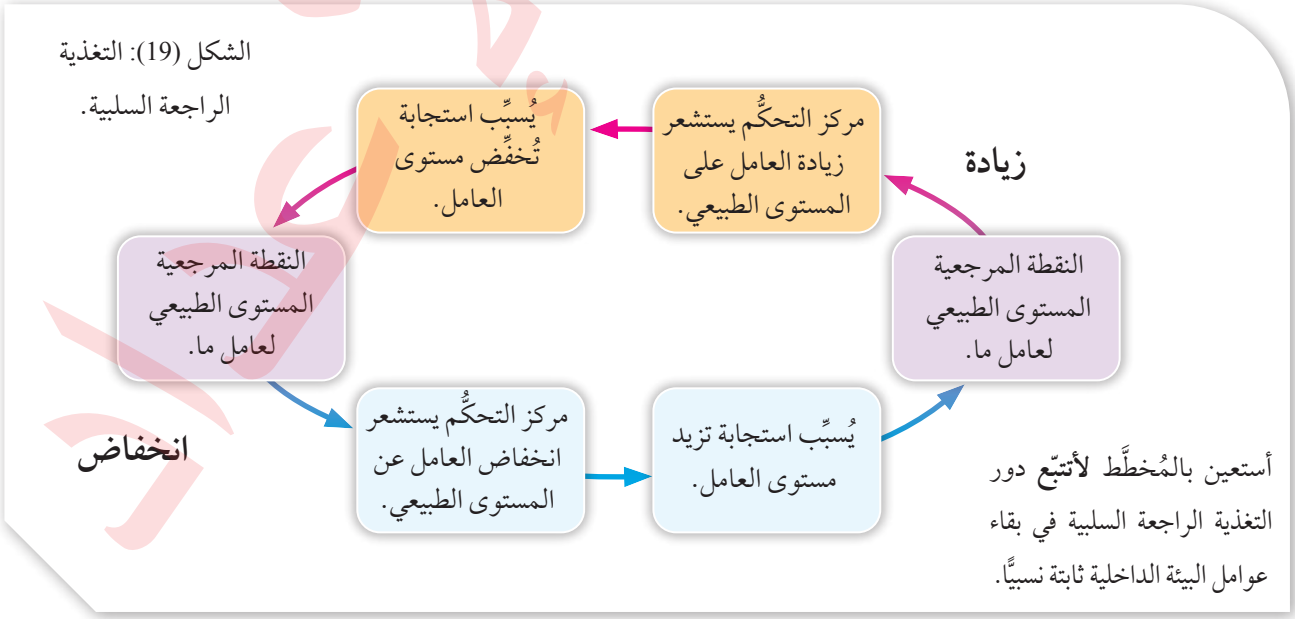
تؤدي أجهزة الجسم وظائفها على نحوٍ أمثل عند بقاء جميع العوامل الفيزيائية والكيميائية داخل الجسم ثابتةً نسبيًّا ضمن المعدَّلات الطبيعية التي تُعَدُّ نقاطًا مرجعية Set Points. ويُسمّى الثبات النسبي لعوامل بيئة الجسم الداخلية **الاتزان الداخلي Homeostasis**. ومن هذه العوامل: درجة الحرارة، وكمية الماء، والمواد الأُخرى، والرقم الهيدروجيني للدم، وتركيز الغلوكوز في الدم.

أهمية الاتزان الداخلي Importance of Homeostasis

قد يتغيَّر أحد عوامل البيئة الداخلية، مثل: درجة الحرارة، وتركيز الغلوكوز في الدم؛ ما يُعَدُّ مُنبِّهًا تستشعره مُستقبِلات حسِّية موجودة في الأعضاء، فيحدث تنسيق بين جهازي التنظيم العصبي والهرموني لإعادة هذا العامل إلى وضعه الطبيعي، وتُسهِم أعضاء الاستجابة في إحداث التغيير المطلوب، مثل: العضلات، والغُدد. وقد يلجأ الجسم إلى آلية تُسمّى **التغذية الراجعة السلبية Negative Feedback** للحفاظ على اتزانه الداخلي، وهي استجابة الجسم للمُنبِّهات التي تُغيِّر من عوامل البيئة الداخلية؛ بإحداث تأثير مضاد لها، للحفاظ على بقاء هذه العوامل ثابتة نسبيًّا ضمن معدَّلاتها الطبيعية، أنظر الشكل (19).

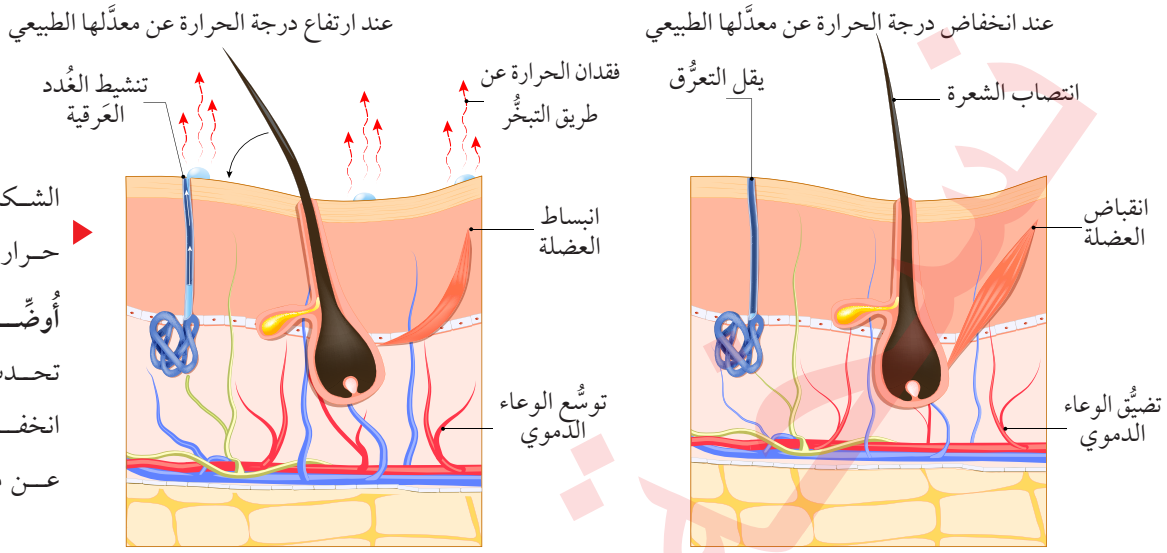
يلجأ الجسم أحيانًا إلى استعمال آلية سيطرة تكون فيها الاستجابة بزيادة إفراز عامل مُعيَّن نتيجة الزيادة في مستوى عامل آخر. وتُسمّى هذه الآلية التغذية الراجعة الإيجابية، وتؤدي دورًا في الحفاظ على اتزان الجسم الداخلي بطرق غير مباشرة من خلال إتمام عمليات حيوية محددة تتطلب تفاعلًا سريعًا، مثل زيادة إفراز هرمون الأكسيتوسين، الذي يزيد من انقباضات الرحم، لتسهيل عملية الولادة.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح المقصود بكلٍّ من الاتزان الداخلي، والتغذية الراجعة السلبية.



الشكل (19): التغذية الراجعة السلبية.

أستعين بالمُخطَّط **لأتتبّع** دور التغذية الراجعة السلبية في بقاء عوامل البيئة الداخلية ثابتة نسبيًّا.



الشكل (20): تنظيم درجة حرارة الجسم.

أُوضِّح التغيُّرات التي تحدث في الجسم عند انخفاض درجة الحرارة عن معدَّلها الطبيعي.

تنظيم درجة حرارة الجسم Thermoregulation

يتراوح معدَّل درجة الحرارة الطبيعية لجسم الإنسان بين 36.5 °C و 37.5 °C تقريبًا، بغضِّ النظر عن درجة الحرارة في البيئة المحيطة؛ ذلك أنَّ غُدَّة تحت المهاد Hypothalamus في الدماغ تتحكَّم في درجة حرارة الجسم. ويُمكِن تنظيم درجة الحرارة هذه بطرائق عِدَّة، منها التعرُّق، أنظر الشكل (20).

أفكِّر: لماذا يصبح لون بشرتي ورديًّا في يومٍ حارٍّ؟

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح دور الجلد في تنظيم درجة حرارة الجسم.

بعض مشكلات الجلد Some of Skin Disorders

الإكزيما Eczema

مرض جلدي ناتج عن التهاب الجلد، وحساسية الجلد الشديدة التي تكون في أغلب الأحيان لأسباب وراثية، بحيث يصبح الجلد متهيجًا ومثيرًا للحكة، ومُحمَرًّا وجافًّا لدرجة ظهور تشققات على الجلد. تظهر الإكزيما في مناطق مختلفة من الجسم كالوجه والأطراف، ويمكن أن تحدث الإكزيما في أي مرحلة عمرية، أنظر الشكل (21). وتستخدم بعض المراهم العلاجية أو كريمات الترطيب واتباع عادات العناية بالبشرة الأخرى للتخفيف من الحكة والوقاية من انتشار المرض إلى مناطق جديدة من الجسم.

الشكل (21): مرض الإكزيما على اليدين.

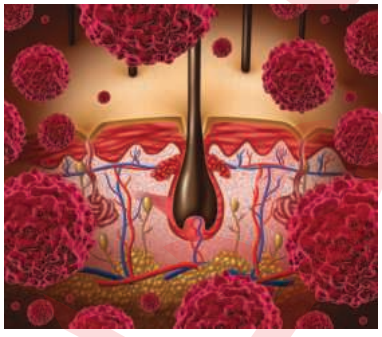
سرطان الجلد Skin Cancer

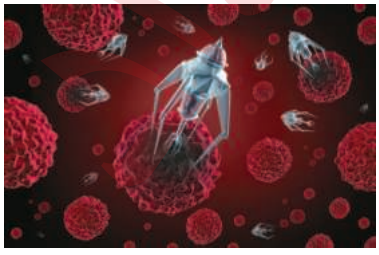
يُعدّ التعرّض للأشعة فوق البنفسجية، سواء من الشمس أو من مصادر أخرى، أحد العوامل الرئيسة للإصابة بسرطان الجلد. إذ تؤدّي هذه الأشعة إلى تلف الحمض النووي (DNA) في خلايا الجلد، مما يسبب انقسامها ونموّها بشكل غير منتظم، ومن ثمّ تحدث الإصابة بسرطان الجلد بأنواعه المختلفة. وللوقاية من ذلك يُنصَح بتجنُّب التعرّض لأشعة الشمس لفترات طويلة، خاصة خلال أوقات الذروة، بالإضافة إلى ارتداء ملابس طويلة الأكمام واقية، واستخدام مُستحضَرات الوقاية من أشعة الشمس.

الربط بالطب والتكنولوجيا

استخدام تكنولوجيا النانو في علاج سرطان الجلد

تُعَدُّ تكنولوجيا النانو Nanotechnology واحدة من التقنيات الطبية الحديثة التي تُستخدَم في التشخيص والعلاج، وتعتمد على استعمال مواد علاجية أو تشخيصية متناهية الصغر؛ إذ يتراوح حجمها بين (1nm) و(100 nm)، علمًا أنَّ (1mm) يساوي مليون نانو. تمتاز هذه الطريقة في العلاج بقدرتها على تعريض المناطق المصابة بسرطان الجلد لجرعات من العلاج الكيميائي بدقة عالية، بعيدًا عن الخلايا السليمة المحيطة بها، فضلًا عن ارتباط هذه المواد العلاجية بالأورام، والتصاقها بها مدَّة كافية لقتل عدد كبير من الخلايا السرطانية.





نشاط

محاكاة عملية التعرُّق

المواد والأدوات: أنبوبا اختبار، ماء ساخن درجة حرارته 60°C تقريبًا، منديل ورقي مُبلَّل، منديل ورقي جاف، ميزانا حرارة، ورقة، قلم.

إرشادات السلامة:

الحذر من انسكاب الماء الساخن على الجسم.

خطوات العمل:

1 **أُجرِّب:** أضع 20 mL من الماء الساخن في كلٍّ من أنبوبي الاختبار، ثم أُرقِّمهما بالرقمين (1) و(2).

2 **أُصمِّم نموذجًا:**

- ألفُّ الأنبوب رقم (1) بالمنديل الورقي المُبلَّل.
- ألفُّ الأنبوب رقم (2) بالمنديل الورقي الجاف.
- أضع ميزان حرارة في كل أنبوب.

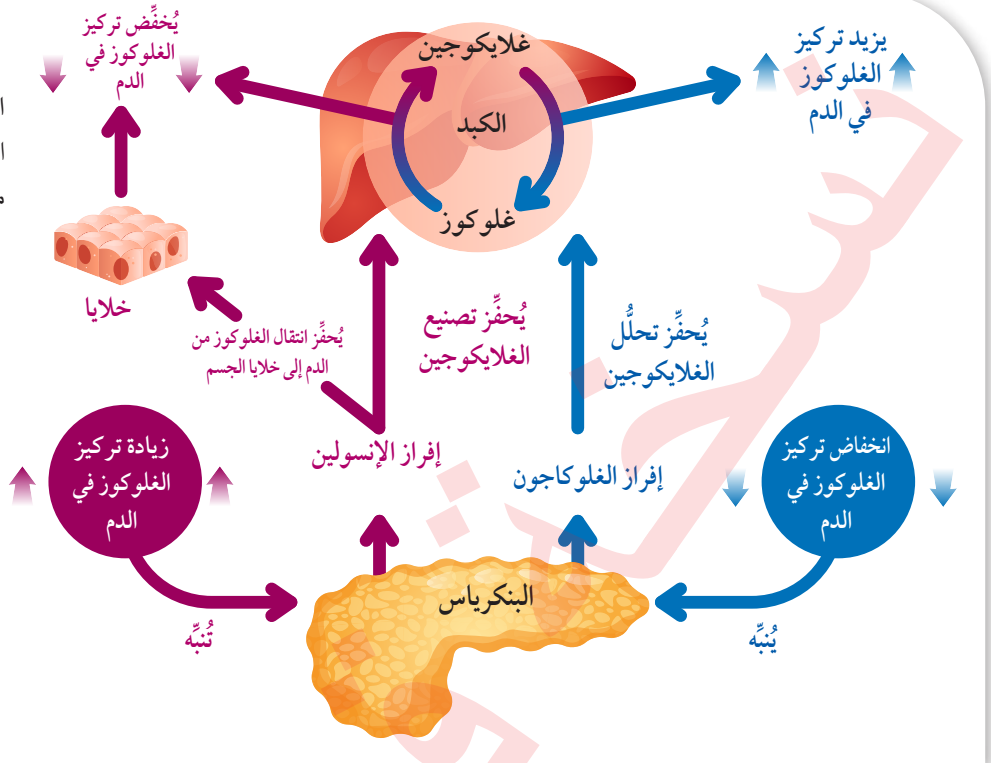
3 **أُجرِّب:** أقيس درجة الحرارة في الأنبوبين كل 4 min.

4 **أُلاحِظ** درجة الحرارة في كل أنبوب، ثم أُدوِّن ملاحظاتي في الجدول الآتي:

	الوقت (min)	0	4	8	12	16
درجة الحرارة (°C)	الأنبوب رقم (1)					
	الأنبوب رقم (2)					

التحليل والاستنتاج:

1. **أُقارِن** بين الأنبوبين من حيث التغيُّر في درجة الحرارة.
2. **أوضح:** كيف مثَّل النموذج دور التعرُّق في تنظيم درجة حرارة الجسم؟
3. **أُفسِّر** سبب استخدام الأنبوب الملفوف بالمنديل الجاف.
4. أُمثِّل النتائج برسم بياني.



الشكل (22): دور هرموني الإنسولين والغلوكاجون في تنظيم مستويات الغلوكوز في الدم.

أُوضِّح دور الغلوكاجون في بقاء مستوى الغلوكوز في الدم ضمن الحدِّ الطبيعي.

التحكُّم في تركيز الغلوكوز في الدم
Control of Blood Glucose Concentration

البنكرياس غُدَّة ذات طبيعة مزدوجة؛ فهي تُفرِز إنزيمات هاضمة في الأمعاء عن طريق قنوات، وتُفرِز أيضًا هرموني الإنسولين Insulin والغلوكاجون Glucagon مباشرة إلى الدم.

يعمل الإنسولين والغلوكاجون معًا للحفاظ على تركيز الغلوكوز ضمن مستوياته الطبيعية في الدم، ويُنظِّم عملهما آلية التغذية الراجعة السلبية، أنظر الشكل (22).

✓ **أتحقَّق:** كيف تنظّم غُدّة البنكرياس مستوى الغلوكوز في الدم؟

الربط بالتكنولوجيا

تساعد مضخات الإنسولين الذكية مرضى السكري في التحكم بمستوى السكر في الدم، حيث تحتوي على برامج متطورة لحساب كمية الإنسولين المطلوبة بناءً على المدخلات التي يُدخلها المستخدم / المستخدمة، مثل عدد الغرامات من الكربوهيدرات المُستهلَكة والأنشطة اليومية. وتمتاز هذه المضخات بأزرار لمسية (Touch) تُساعد الأشخاص الذين يعانون مشكلات بصرية على إدخال بياناتهم حول الوجبات القادمة من دون الحاجة إلى استخدام الشاشة.

الربط بالطب والتكنولوجيا

جهاز قياس الغلوكوز من دون وخز بالإبر هو تقنية حديثة لا تتطلَّب وجود نقطة دم كما في أجهزة قياس الغلوكوز التقليدية. يتكوَّن هذا الجهاز من قرص استشعار حسّاس يُدوِّن القراءات، وجهاز ماسح ضوئي يقرأ ما دوَّنه قرص الاستشعار، ويُمكِن استعمال تطبيقات الهواتف الذكية للمسح الضوئي، وإظهار القراءات.

بعض مشكلات جهاز الغدد الصُّمُّ

Some of Endocrine System Disorders

اضطرابات الغدة الدرقية Thyroid Disorders

ومنها:

فرط نشاط الغدة الدرقية Hyperthyroidism: يحدث عندما تفرز الغدة الدرقية كميات زائدة من هرموناتها، مما يؤدّي إلى ظهور مجموعة من الأعراض التي تختلف من شخص لآخر، مثل: تسارع ضربات القلب والخفقان، والشعور بالقلق والعصبية، والتعرّق المُفرِط، وفقدان الوزن غير المُبرَّر.

قصور الغدة الدرقية Hypothyroidism: الذي يحدث عندما تنتج الغدة الدرقية كمية غير كافية من هرموناتها. ومن أعراض هذا الاضطراب: التعب، وزيادة الوزن، وجفاف الجلد، والإمساك. وللوقاية من اضطرابات الغدة الدرقية، يُنصح بتناول الأطعمة الغنية باليود باعتدال، وتجنّب التدخين.

قصور الغدة الكظرية الأولي Primary Adrenal Insufficiency

يُعرَف أيضًا باسم مرض أديسون، وهو اضطراب يحدث عندما تفشل الغدد الكظرية في إنتاج الكميات الكافية من هرموني الكورتيزول والألدوستيرون، اللذين يؤدّيان دورًا مهمًّا في تنظيم ضغط الدم، ومستويات السكر في الدم، واستجابة الجسم للتوتر. وتشمل أعراض المرض: آلام المفاصل والعضلات، وانخفاض الوزن. وعلى الرغم من عدم وجود طرق وقاية مباشرة، فإن إجراء الفحوص الدورية، وتقليل الإجهاد، والحفاظ على نمط حياة صحي قد يساعد في تقليل المخاطر.

مراجعة الدرس

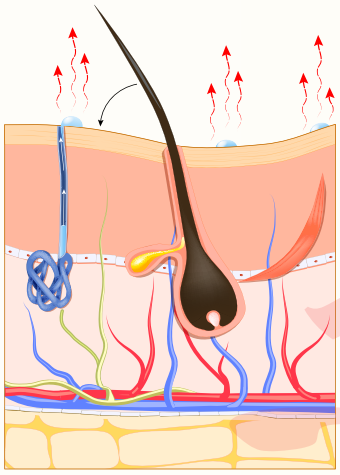
1. **الفكرة الرئيسة**: أُوضِّح ما يأتي:
   - مفهوم الهرمون.
   - دور التغذية الراجعة السلبية في الحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم.
   - الطرائق التي يعمل بها الإنسولين عندما يزيد مستوى الغلوكوز في الدم على الحدِّ الطبيعي لإعادته إلى المستوى الطبيعي.

2. أوضح العوامل التي تؤثر في الاتزان الداخلي لجسم الإنسان.

3. **أُفسِّر**: يوصف الإنسولين والغلوكاجون بأنَّهما هرمونان متضادان.

4. **أُصنِّف** الهرمونات الآتية إلى هرمونات ستيرويدية، وهرمونات مشتقة من الحموض الأمينية، وهرمونات ببتيدية: البروجسترون، الأدرينالين، الغلوكاجون، النورأدرينالين.

5. أدرس الشكل المجاور الذي يُوضِّح الطرائق التي يستجيب بها الجسم للحفاظ على درجة حرارته (37 °C تقريبًا)، ثم أُجيب عن الأسئلة الآتية:



   أ . **أستنتج**: ما المُنبِّه الذي أدّى إلى حدوث هذه الاستجابة؟
   ب. ما الطرائق التي استجاب بها الجسم لإعادة درجة حرارته إلى معدَّلها الطبيعي؟
   جـ. أُحدِّد نوع المُستقبِلات التي استشعرت التغيُّر في درجة الحرارة.
   د . أُحدِّد المركز العصبي المسؤول عن تنظيم درجة حرارة الجسم.

6. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:**
   1. يُعدّ هرمون البروجسترون مثالًا على الهرمونات:
      أ . الستيرويدية.
      ب. المشتقة من الحموض الأمينية.
      جـ. الببتيدية.
      د . السكرية.
   2. من الهرمونات التي توجد مُستقبِلاتها على الغشاء البلازمي للخلية المستهدفة:
      أ . التستوستيرون.
      ب. الغلوكاجون.
      جـ. الألدوستيرون.
      د . البروجسترون.

3. يُطلَق على المعدلات الطبيعية لجميع العوامل الفيزيائية والكيميائية داخل الجسم:

أ . التغذية الراجعة السلبية.
ب. الاتزان الداخلي.
جـ. التغذية الراجعة الإيجابية.
د . النقاط المرجعية.

4. إحدى العبارات الآتية صحيحة في ما يحدث عند ارتفاع درجة الحرارة عن معدَّلها الطبيعي:

أ . تضيُّق الوعاء الدموي.
ب. انبساط عضلة الشعرة.
جـ. قلّة التعرُّق.
د . انتصاب الشعرة.

5. أي من الغدد الآتية تُعدّ غُدَّة ذات طبيعة مزدوجة؟

أ . الكظرية.
ب. غُدَّة تحت المهاد.
جـ. البنكرياس.
د . الزعترية.

6. يعاني شخص انخفاض ضغط الدم وآلامًا في المفاصل والعضلات، وأظهر الفحص الطبي انخفاض مستويات الكورتيزول في دمه، فإن المشكلة التي يعانيها الشخص هي:

أ . فرط نشاط الغدة الدرقية.
ب. قصور الغدة الكظرية الأولي.
جـ. قصور الغدة الدرقية.
د . فرط إفراز الأنسولين.

استخدام الطب الرقمي في تشخيص الأمراض وعلاجها

Using Digital Medicine in the Diagnosis and Treatment of Diseases

تُستعمَل وسائل الذكاء الاصطناعي لتحديد احتمال ظهور حالة صحية ما، أو تفاقمها. وقد تمكَّن العلماء من عمل تطبيقات علاجية لمجموعة مُتنوِّعة من الاضطرابات، وكان أول علاج رقمي بوصفة طبية نال موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية FDA تقنية سومريست Somryst لعلاج الأرق؛ إذ مثَّلت علاجًا سلوكيًّا معرفيًّا لعلاج الأرق. أمّا تطبيق إنديفور آر إكس EndeavorRX فهو أول تطبيق مثَّل علاجًا سلوكيًّا في صورة ألعاب فيديو للأطفال الذين يعانون اضطراب نقص الانتباه وفرط الحركة. وفي خطوة مُتقدِّمة علميًّا، صُمِّم تطبيق يعتمد على تقنية الواقع الافتراضي باستعمال برنامج ويبوت Woebot للدردشة، ويُقدِّم استشارة ووصفة طبيتين من المنزل.

السؤال الأول:

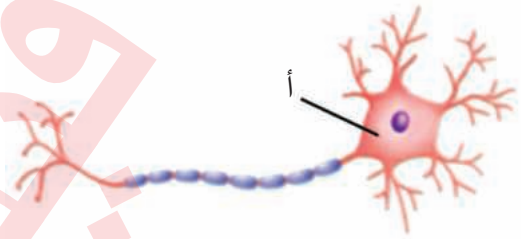
لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:

1. الوحدات الأساسية للتركيب والوظيفة في الجهاز العصبي هي:

أ . العصبونات. ب. المحاور.

جـ. الشجيرات العصبية. د . النواقل العصبية.

2. يشير الحرف (أ) في الرسم التالي إلى:



أ . الغمد الملييني. ب. عُقد رانفيير.

جـ. الزوائد الشجرية. د . جسم الخلية.

3. مكان انتقال السيال العصبي من عصبون إلى آخر هو:

أ . التشابك العصبي. ب. الغمد الملييني.

جـ. الزوائد الشجرية. د . المُستقبِل.

4. يتكوَّن الجهاز العصبي المركزي من:

أ . أعضاء الحسِّ.

ب. الدماغ والحبل الشوكي.

جـ. أعضاء الاستجابة.

د . الخلايا العصبية الحسِّية والحركية.

5. أحد الأيونات الآتية يُسبِّب إزالة الاستقطاب في محور العصبون:

أ . K^+ ب. Na^+

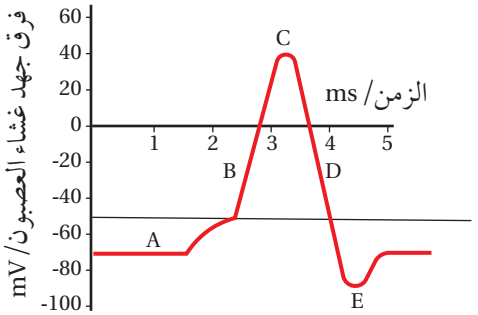
جـ. Cl^- د . Ca^{2+}

6. الجزء من الدماغ المسؤول عن قدرتي على استيعاب هذا الدرس هو:

أ. المخ. ب. المخيخ.

جـ. تحت المهاد. د . جذع الدماغ.

* أدرس الشكل الآتي الذي يوضح المراحل التي يمرّ بها العصبون قبل وصول المنبه وبعده، ثم أجيب عن الأسئلة (11–7):



7. المرحلة التي يمثّلها الرمز (D) هي:

أ . إزالة الاستقطاب. ب. إعادة الاستقطاب.

جـ. الراحة. د. زيادة الاستقطاب.

8. ما يحدث لغشاء العصبون أثناء المرحلة التي يمثّلها الرمز (C) هو:

أ . إغلاق معظم قنوات الصوديوم، وفتح قنوات البوتاسيوم.

ب. فتح معظم قنوات أيونات الصوديوم، فيصبح غشاء العصبون من الداخل موجبًا مقارنةً بخارجه.

جـ. فتح قنوات البوتاسيوم، فيصبح داخل الخلية سالبًا.

د . إغلاق قنوات أيونات الصوديوم والبوتاسيوم.

9. يحدث ما يمثّله الرمز (E) بسبب:

أ . استمرار تدفُّق أيونات البوتاسيوم إلى الخارج نتيجة فتح قنوات البوتاسيوم.

ب. إغلاق قنوات أيونات الصوديوم والبوتاسيوم.

جـ. إغلاق معظم قنوات البوتاسيوم.

د . فتح قنوات الصوديوم، واستمرار تدفق أيونات الصوديوم إلى الداخل.

10. الرمز الذي يمثّل مرحلة إزالة الاستقطاب هو:

أ . A ب. C

جـ. B د. E

11. أي من الآتية يحدث عند الرمز D؟

أ . تُفتح قنوات أيونات الصوديوم، وتُغلق قنوات أيونات البوتاسيوم.

ب. تُغلق قنوات أيونات الصوديوم، وتُغلق قنوات أيونات البوتاسيوم.

جـ. تُغلق قنوات أيونات الصوديوم، وتُفتح قنوات أيونات البوتاسيوم.

د . تُفتح قنوات أيونات الصوديوم، وتُفتح قنوات أيونات البوتاسيوم.

12. أي من الآتية **لا يُعدّ** من عوامل البيئة الداخلية للجسم التي يسعى الجسم للمحافظة على ثباتها؟

أ. درجة الحرارة. ب. الرقم الهيدروجيني للدم.

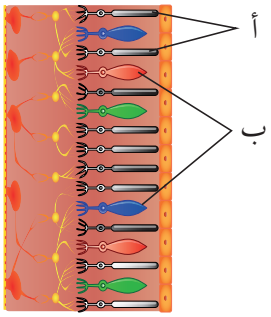
جـ. إفراز العرق. د . كمية الماء.

13. من العمليات الحيوية التي يحافظ على نشاطها جذع الدماغ في حالة اللاوعي:

أ . التعلم. ب. الإدراك.

جـ. التنفُّس. د . الذاكرة.

* أدرس الشكل المجاور الذي يمثّل شبكية العين، ثم أجيب عن السؤالين (15–14):



14. يرمز الحرف (أ) إلى:

أ . المخاريط. ب. العِصِيّ.

جـ. الجسم الهدبي. د . العصب البصري.

15. جميع العبارات الآتية صحيحة في ما يتعلق بما يمثّله الحرف (ب) **ما عدا**:

أ . لها ثلاثة أنواع.

ب. تمييز الألوان بعضها من بعض.

جـ. أكثر حساسية في الضوء الخافت.

د . تتركّز في البقعة المركزية.

16. أي من الآتية **لا تُعدّ** من وظائف المُستقبِلات الحسية التي تستقبل معلومات حول البيئة الداخلية أو الخارجية؟

أ . تحدد التغير في الضغط.

ب. تستقبل الضوء أو تحدد التغير في درجات الحرارة.

جـ. تحدد التغير في تراكيز الجزيئات العضوية داخل الخلايا.

د . تستقبل المواد الكيميائية المكونة للروائح.

17. يتكوّن الجهاز العصبي الطرفي من:

أ . الأعصاب الشوكية

ب. الأعصاب الدماغية

جـ. الدماغ والحبل الشوكي

د . الأعصاب الدماغية والشوكية.

18. الجزء الذي يتحكم في درجة حرارة الجسم هو:

أ . المُخيخ. ب. المهاد.

جـ. غدة تحت المهاد. د . القشرة المخية.

19. أي الآتية من خطوات آلية عمل الهرمونات المشتقة من الحموض الأمينية والهرمونات الببتيدية؟

أ . الانتشار (المرور) عبر الغشاء البلازمي.

ب. ارتباط مُعقّد المستقبل البروتيني–الهرمون على جزيء DNA.

جـ. استجابة الخلية لها بتكوين جزيء mRNA.

د . تكوين مركّب بدء التفاعل.

20. يُصنَّف أي عضو بوصفه جزءًا من أجزاء جهاز الغدد الصم إذا كان:

أ . قادرًا على تكوين الكولسترول.

ب. قادرًا على تحويل الحموض الأمينية إلى هرمونات.

جـ. يفرز هرمونات إلى الجهاز الدوراني (الدم).

د . لديه مُستقبِلات للهرمونات داخل السيتوسول في خلاياه.

السؤال الثاني:

أضع إشارة (✓) إزاء العبارة الصحيحة، وإشارة (✗) إزاء العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

1. من الأمثلة على المُستقبِلات الميكانيكية الخلايا الشعرية الموجودة في الأذن الداخلية. ( )
2. الأوعية الدموية في الجلد تتسع عند انخفاض درجة الحرارة. ( )
3. الاستجابة بآلية التغذية الراجعة السلبية تتضمَّن زيادة في أحد العوامل نتيجة الزيادة في عامل آخر. ( )
4. المخاريط تساعد الإنسان على الرؤية في الضوء الخافت. ( )

السؤال الثالث:

أُفسِّر كلًّا ممّا يأتي:

1. عدم استجابة العصبون لأيِّ مُؤثِّر في أثناء فترة الجموح.
2. سبب تسمية البقعة العمياء بهذا الاسم.

السؤال الرابع:

يعاني بعض الناس من مرض العشا الليلي (عدم القدرة على الرؤية جيدًا أو ضعفها في الليل أو في الإضاءة الخافتة)، فأيُّ أنواع المُستقبِلات الضوئية لديهم لا يعمل غالبًا على نحوٍ صحيح؟

السؤال الخامس:

أُقارِن بين الجهاز العصبي الجسمي والجهاز العصبي الذاتي باستخدام أشكال ثن من حيث أنواع العضلات التي يتحكّم بها كل منهما.

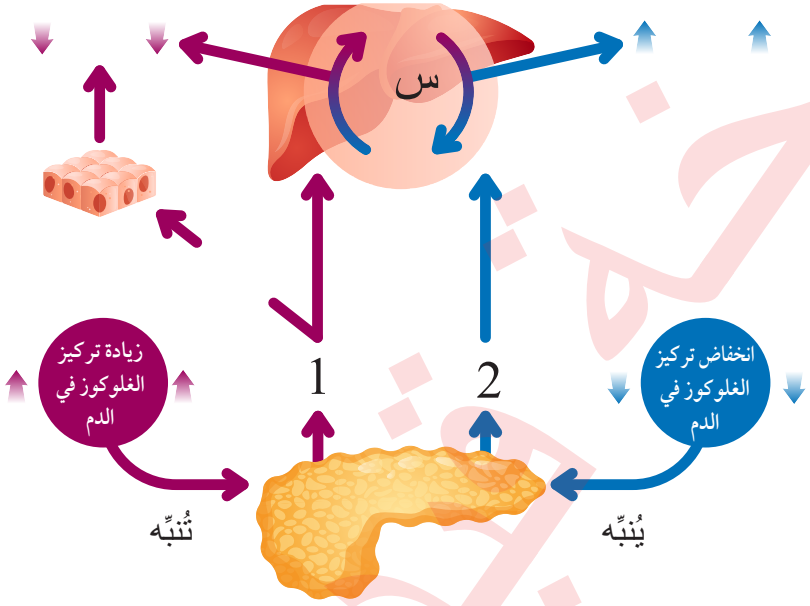
السؤال السادس:

أُوفِّق بين المصطلح العلمي والتعريف المُناسِب المُقابِل له في الجدول الآتي.

النقل الوثبي	أ	تُطلِق إفرازاتها مباشرة في الدم.
التنظيم الأسموزي	ب	فرق الجُهد بين داخل الخلية العصبية وخارجها في كثير من العصبونات، ويبلغ $-70\ mV$ تقريبًا.
جُهد الراحة	ج	انتقال جُهد الفعل من عقدة رانفيير إلى أُخرى.
المُستقبِلات الحسِّية	د	عمليات حيوية تحافظ على تركيز ثابت للسوائل والمواد الذائبة فيها ضمن مستوياتها الطبيعية داخل الجسم.
الغُدَّة الصَّمّاء	هـ	تراكيب مُتخصِّصة تستقبل المُنبِّهات، ثم تُحوِّلها إلى سيالات عصبية.

السؤال السابع:

أدرس الشكل الآتي الذي يُبيِّن دور آلية التغذية الراجعة السلبية في تنظيم مستويات الغلوكوز في الدم ضمن معدَّلاته الطبيعية، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. ما الجزء المشار إليه بالرمز (س)؟
2. ما المُنبِّه لإفراز الهرمون (2)؟
3. أذكر أسماء الهرمونات التي يُمثِّلها الرقمان (1) و(2).
4. أُوضِّح دور الهرمون المُمثَّل بالرقم (1) في الحفاظ على مستويات الغلوكوز ضمن معدَّلاته الطبيعية في الدم.
5. يُعَدُّ البنكرياس عضو استقبال وعضو استجابة في الوقت نفسه. أُفسِّر ذلك.

السؤال الثامن:

لكي يحافظ الجسم على اتزانه الداخلي؛ يجب أنْ يتساوى معدَّل ما يحصل عليه من ماء مع معدَّل ما يفقده. أدرس الجدول الآتي الذي يُبيِّن المعدَّل اليومي للحصول على الماء وفقدانه عند القيام بنشاط عادي وتمرين مُجهِد، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:

مصدر الماء	الحجم (cm^3)	كيفية فقدان الماء	الحجم (cm^3)	
			نشاط عادي	تمرين مُجهِد
الطعام والشرب	2100	العَرق	450	900
		هواء الزفير	350	650
ناتج عمليات الأيض	200	البول	1400	650
		البراز	100	100
المجموع	2300		2300	2300

أ . أُحدِّد الطرائق التي يحصل بها الجسم على الماء.

ب. **أتوقَّع** بعض الطرائق التي يستجيب بها الجسم لتعويض فقدان الماء.

جـ. **أُفسِّر** سبب فقدان كمية من الماء عن طريق العَرق أكثر منها عن طريق البول عند ممارسة تمرين مُجهِد.

الوحدة 6

الدعامة والحركة

Support and Movement

قال تعالى:

﴿ ثُمَّ خَلَقْنَا النُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا الْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عِظَامًا فَكَسَوْنَا الْعِظَامَ لَحْمًا ثُمَّ أَنشَأْنَاهُ خَلْقًا آخَرَ فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالِقِينَ ﴿١٤﴾ ﴾

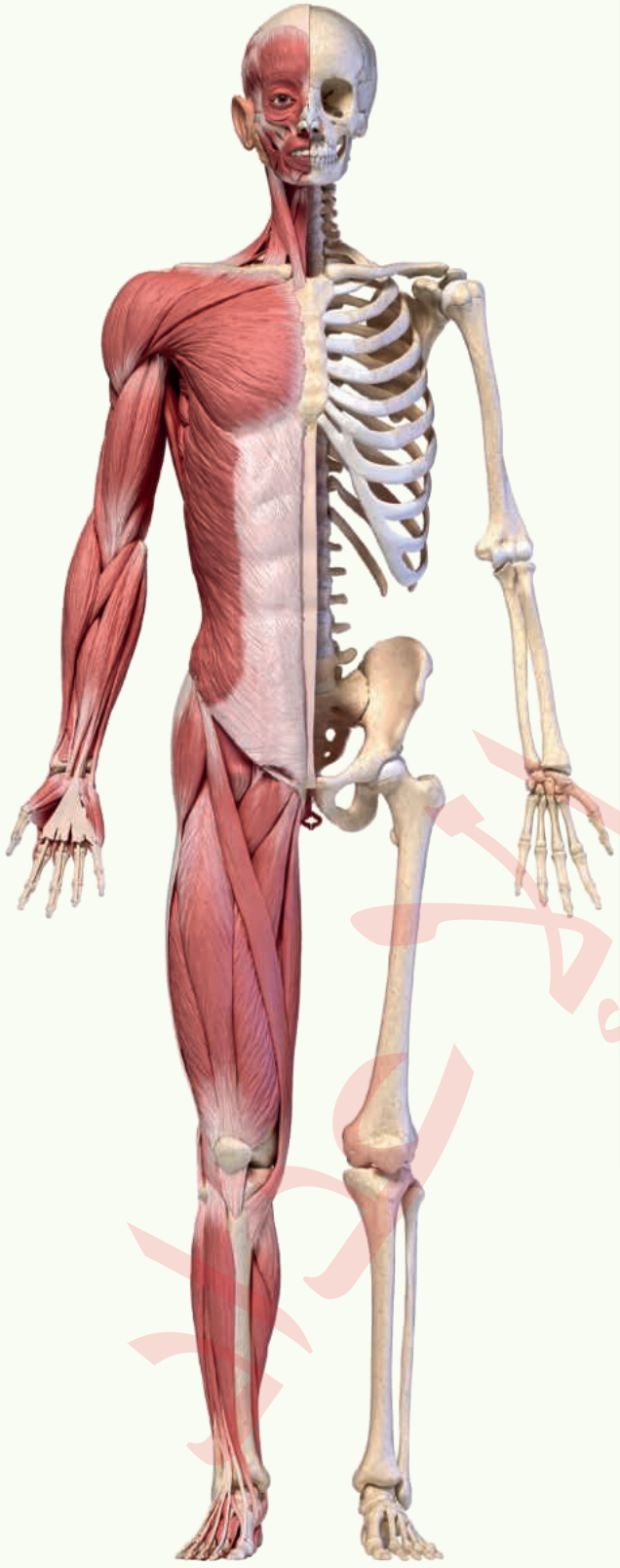
(سورة المؤمنون، الآية 14).

أتأمَّل الصورة

العضلات والعظام مُكوِّنان أساسيان في جسم الإنسان، يعملان معًا لتوفير الدعم والحركة، ويشكلان الجهاز العضلي الهيكلي الذي يمنح الجسم شكله وقوامه، ويسمح له القيام بالأنشطة المختلفة. ما طبيعة التكامل بين الجهاز الهيكلي والعضلات؟

الفكرة العامة:

الهيكل العظمي تركيب صُلب يمكن للعضلات أن تلتصق به، من خلال النسيج الضامّ المُكوِّن للأوتار، لتشكّل جهاز الدعامة والحركة، ويؤدّي وظائف عديدة للجسم، منها: الحركة، والدعم، والحماية.



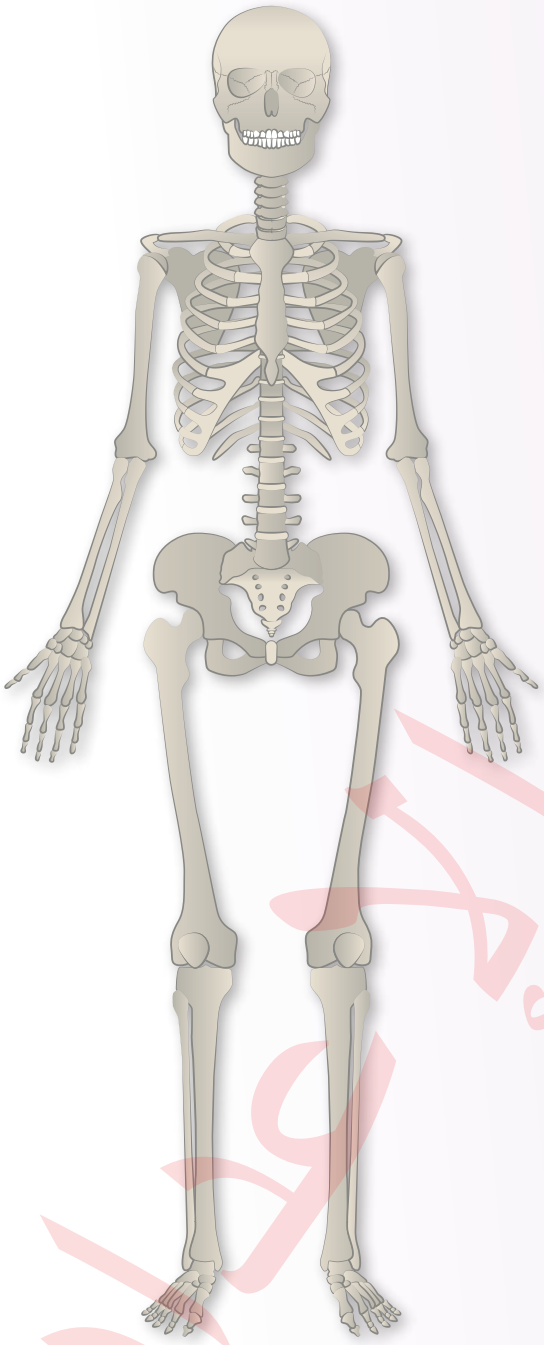
الدرس الأول: الجهاز الهيكلي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته.

الفكرة الرئيسة: يتكوّن الجهاز الهيكلي من العظام، والغضاريف، والأربطة والأوتار، وله وظائف مهمة مثل: توفير الدعم للجسم، وحماية الأعضاء، والمساعدة على الحركة، بالإضافة إلى دوره في تكوين خلايا الدم.

الدرس الثاني: العضلات وبعض مشكلاتها.

الفكرة الرئيسة: تتكوّن العضلات من خلايا متخصصة قادرة على الانقباض والانبساط استجابةً للمثيرات. يوجد في جسم الإنسان ثلاثة أنواع من العضلات، هي: الهيكلية، والملساء، والقلبية.

فحص أجزاء الهيكل العظمي للإنسان



المواد والأدوات: مُجسَّم الهيكل العظمي.

إرشادات السلامة: غسل اليدين قبل التجربة وبعدها.

خطوات العمل:

1. **ألاحظ** أجزاء الهيكل العظمي.
2. **أجرّب** تحريك الأجزاء المختلفة.
3. أحدّد الأجزاء التي تحمي الأعضاء الداخلية، والأجزاء التي تساعد على الحركة.
4. أَعُدّ فقرات العمود الفقري والأضلاع.

التحليل والاستنتاج:

1. **أقارن** بين أجزاء الهيكل العظمي من حيث الشكل.
2. **أحدّد** عدد الفقرات والأضلاع.
3. **أستنتج** أهمية المفاصل وأنواعها.
4. أبيّن كيف تسهم العظام في دعم الجسم وحركته وحماية الأعضاء الداخلية.
5. **أتواصل:** أناقش زملائي/ زميلاتي في النتائج التي أتوصّل إليها.

الجهاز الهيكلي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته

Skeletal System: Structure and Function and some of its Problems

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

يتكوّن الجهاز الهيكلي من العظام، والغضاريف، والأربطة والأوتار، وله وظائف مهمة مثل: توفير الدعم للجسم، وحماية الأعضاء، والمساعدة على الحركة، بالإضافة إلى دوره في تكوين خلايا الدم.

نتاجات التعلُّم:

- أوضّح مُكوِّنات الهيكل العظمي.
- أوضّح وظائف أجزاء الهيكل العظمي.
- أصف بعض مشكلات الهيكل العظمي.

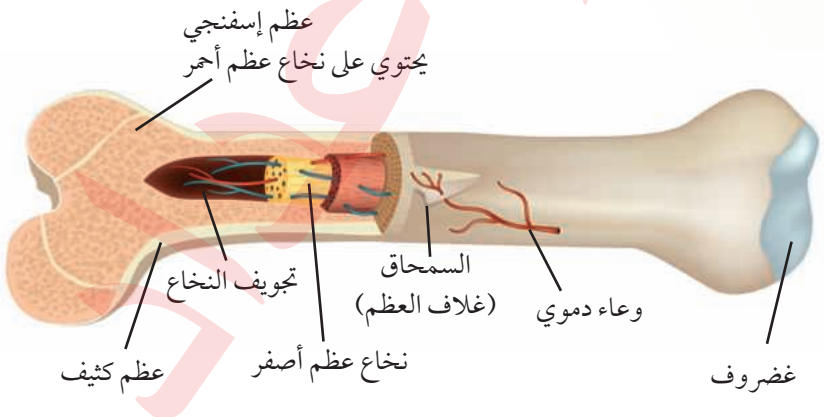
المفاهيم والمصطلحات:

العظم الكثيف	Compact Bone
العظم الإسفنجي	Spongy Bone
السمحاق	Periosteum
نخاع العظم الأحمر	Red Bone Marrow
نخاع العظم الأصفر	Yellow Bone Marrow
الهيكل العظمي المحوري	Axial Skeleton
الهيكل العظمي الطرفي	Appendicular Skeleton
عظام القحف	Cranium

الجهاز الهيكلي Skeletal System

يتكوّن الجهاز الهيكلي من العظام والغضاريف، وأنسجة ضامّة كثيفة في الأربطة التي تربط العظام بعضها ببعض، والأوتار التي تربط العظام بالعضلات. وتُصنَّف العظام إلى: طويلة، وقصيرة، ومُسطَّحة الشكل، وغير منتظمة الشكل، وتتكوّن من نوعين من النسيج العظمي، هما: **العظم الكثيف Compact Bone** الذي يشكّل الطبقة الخارجية الصلبة في العظام، **والعظم الإسفنجي Spongy Bone** الموجود في وسط العظم، وهو أخفّ وزنًا وأكثر مسامية من العظم الكثيف، وتبدو العظام صُلبة ولامعة وبيضاء؛ لأنها مغطاة بطبقة تُسمّى **السمحاق Periosteum** تحتوي على الأوعية الدموية والأوعية اللمفية والأعصاب. تحتوي العديد من العظام أيضًا على نسيج ضامّ ناعم يُسمّى **نخاع العظم الأحمر Red Bone Marrow** في مسام العظام الإسفنجية، في حين يحتوي تجويف النخاع في العظام الطويلة على **نخاع العظم الأصفر Yellow Bone Marrow**، أنظر الشكل (1).

✓ **أتحقَّق:** ما أنواع النسيج العظمي؟



الشكل (1): تركيب العظم الطويل.

للجهاز الهيكلي وظائف مهمة، فهو يوفر الدعم للجسم، ويساعد على الحركة، ويحمي الأعضاء الداخلية مثل الدماغ والقلب والرئتين، ويسهم في تكوين خلايا الدم، إذ تحتوي عظام الجنين على نخاع عظمي أحمر يُنتج خلايا الدم، لكن مع التقدم في العمر يبدأ النخاع لعظم الأحمر في معظم العظام بالتحول تدريجيًا إلى نخاع عظم أصفر وتبقى بعض العظام فقط مسؤولة عن إنتاجها.

يعمل الهيكل العظمي كمخزن للمعادن والدهون، ويساعد في الحفاظ على توازن أيونات الكالسيوم Ca^{2+} والفسفور PO_4^{2-} في الدم؛ عن طريق تبادل هذه الأيونات بين العظام والدم، وتُخزَّن الدهون في نخاع العظم الأصفر.

الهيكل العظمي Skeleton

يمتلك الإنسان البالغ 206 عظام، ويتكوّن الهيكل العظمي في الإنسان من قسمين، هما:

الهيكل العظمي المحوري Axial Skeleton، ويقع في خط الوسط من الجسم، ويتكوّن من: الجمجمة skull، والعمود الفقري Vertebral column، والقفص الصدري Thoracic cage.

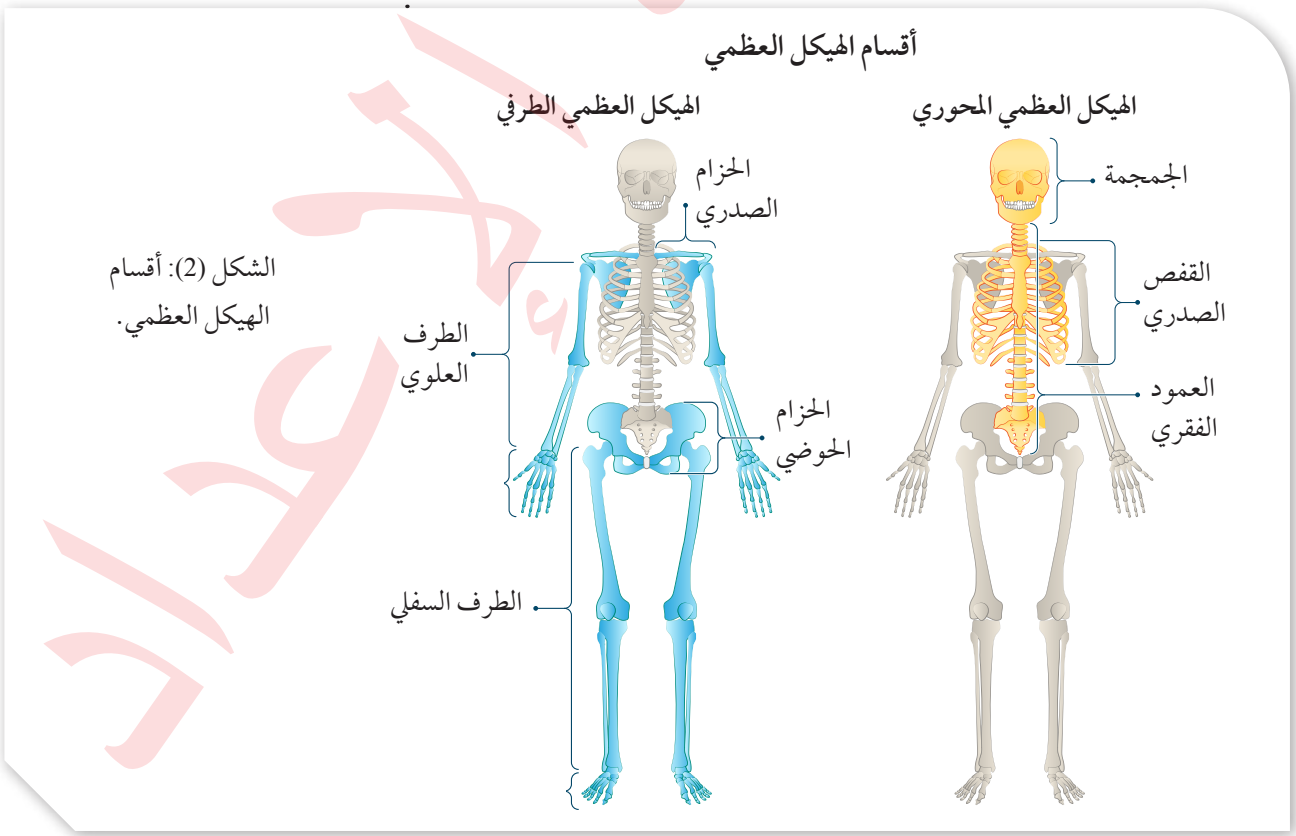
الهيكل العظمي الطرفي Appendicular Skeleton الذي يتكوّن من العظام الموجودة داخل الحزام الصدري والحوضي والأطراف المتصلة بهما، أنظر الشكل (2).

أتحقَّق: ما أقسام الهيكل العظمي الرئيسة؟

الربط بالتغذية

يُعدّ الحليب مصدرًا جيدًا للكالسيوم بشكل طبيعي. كما يُضاف فيتامين D إلى الحليب في كثير من الأحيان. تساعد هذه العناصر الغذائية على بناء عظام قوية.

أُفكِّر: هل يمتلك كل البشر العدد نفسه من العظام (206 عظام)؟

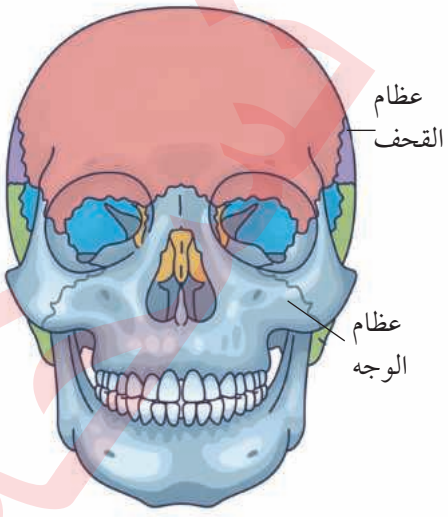


الشكل (2): أقسام الهيكل العظمي.

الهيكل العظمي المحوري Axial Skeleton

الجمجمة The Skull

تحمي الجمجمة الدماغ، وتتكوّن لدى البالغين من (22) عظمة تنقسم إلى: **عظام القحف Cranium** المحيطة بالدماغ (غطاء الدماغ)، وعظام الوجه Facial Bones. وتتصل عظام الجمجمة ببعضها بإحكام، مما يجعلها غير متحركة، باستثناء عظمة الفك السفلي التي تعد العظمة الوحيدة المتحركة في الجمجمة، أنظر الشكل (3).



الشكل (3): عظام الجمجمة.

العمود الفقري The Vertebral Column

يوفر العمود الفقري حماية للنخاع الشوكي، ويضم (33) فقرة، وتتكوّن كل فقرة من جسم (Body)، وقوس (Arch) وزوائد أو نتوءات عظمية (Processes). يفصل بين كل فقرتين متتاليتين قرص غضروفي يمنع احتكاك بعضهما ببعض ويسهّل حركتهما، أنظر الشكل (4/ أ). ويحتوي العمود الفقري على أربعة انحناءات توفّر قدرًا أكبر من المرونة والقوة مقارنة بما يمكن أن يوفّره العمود المستقيم.

يوجد في منتصف العمود الفقري قناة فقرية يمرّ النخاع الشوكي داخلها، وتتفرّع الأعصاب الشوكية من الحبل الشوكي عبر الثقوب الفقرية على جانبي العمود الفقري إلى مواقع مختلفة في جميع أنحاء الجسم، أنظر الشكل (4/ ب).

✓ أتحقّق: ما أنواع الفقرات؟

أنواع الفقرات

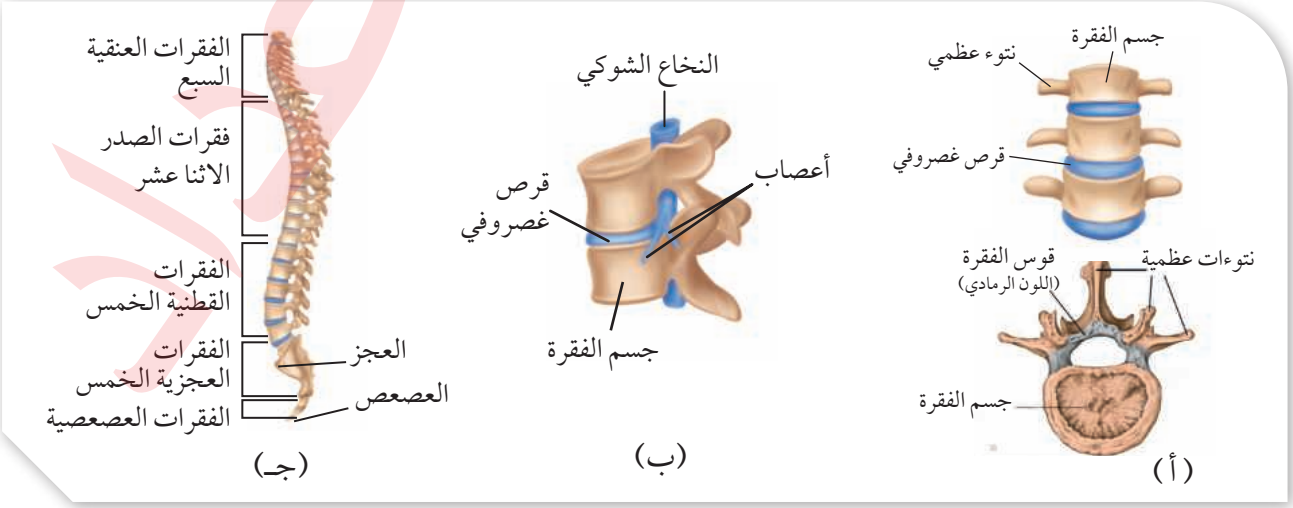
تُصنَّف فقرات العمود الفقري حسب موقعها عليه إلى: الفقرات العنقية Cervical vertebrae، والفقرات الصدرية Thoracic vertebrae، والفقرات القطنية Lumbar vertebrae، والفقرات العجزية Sacral vertebrae، والفقرات العصعصية Coccyx vertebrae، أنظر الشكل (4/ جـ).

الشكل (4):

(أ): القرص الغضروفي وتركيب الفقرات.

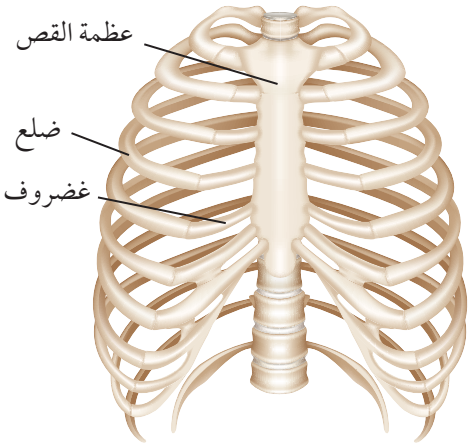
(ب): تفرّعات الأعصاب الشوكية من الثقوب الفقرية على جانبي العمود الفقري.

(جـ): فقرات العمود الفقري.



القفص الصدري Thoracic cage

يتكوّن القفص الصدري من اثني عشر زوجًا من الأضلاع والغضاريف المرتبطة بها، ومن عظمة القص Sternum، وترتبط الأضلاع بالفقرات الصدرية، ويتمثّل دوره الأساسي في حماية القلب والرئتين من الصدمات، أنظر الشكل (5).



الشكل (5): القفص الصدري.

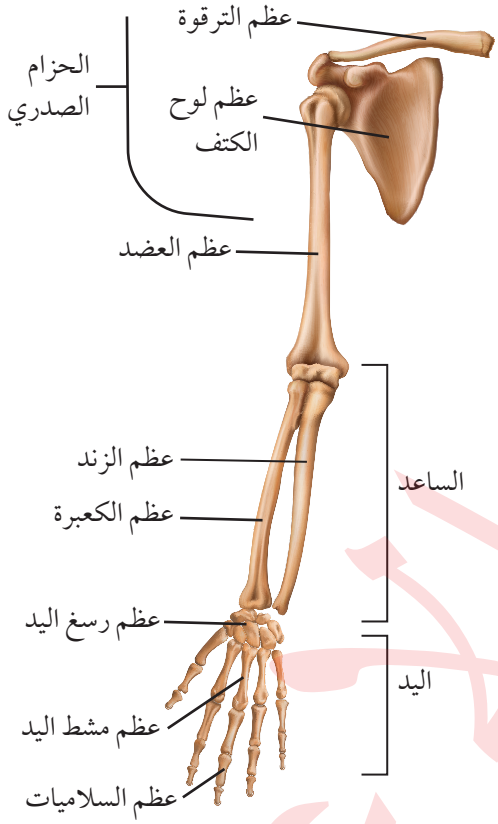
الهيكل العظمي الطرفي Appendicular Skeleton

يتكوّن الهيكل العظمي الطرفي من العظام الموجودة في الحزامين: الصدري، والحوضي، بالإضافة إلى الأطراف المرتبطة بهما.

الحزام الصدري والطرف العلوي
The Pectoral Girdle and Upper Limb

يحتوي الجسم على حزامين صدريين (أيمن، وأيسر)، ويتكوّن كل منهما من: لوح الكتف Scapula، وعظم الترقوة Clavicle.

أمّا الطرف العلوي فيتكوّن من: عظم العضد Humerus (العظمة الطويلة الوحيدة في الذراع ذات رأس مستدير)، وعظم الكعبرة (Radius) وعظم الزند (Ulna) في الساعد، وعظام اليد التي تشمل عظام الرسغ ومشط اليد والسلاميات، أنظر الشكل (6).



الشكل (6): الحزام الصدري والطرف العلوي.

أتحقّق: ما العظام التي يتكوّن منها الحزام الصدري والطرف العلوي؟

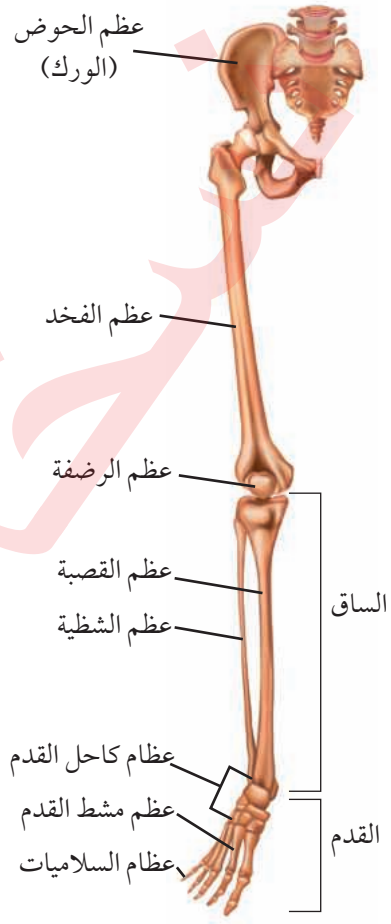
الربطُ بالطب الشرعي

الطب الشرعي تخصّص طبي يطبّق المعارف والمهارات الطبية لخدمة العدالة والقانون، من خلال تحليل الأدلة البيولوجية لفحص المصابين أو تحديد سبب الوفاة وغيرها من مهام، ومن هذه الأدلة: دراسة بقايا الهياكل العظمية. يساعد تحليل العظام على تحديد هُوّية الوفيات وتاريخها وتحديد العمر التقريبي عن طريق أدلة موجودة في الهيكل العظمي، مثل: عظام الحوض التي تعدّ أفضل طريقة لتحديد جنس الشخص البالغ؛ إذ تكون أقل عمقًا وأوسع لدى الإناث مقارنة بالذكور. وتقدّم العظام الطويلة، وخاصة عظم العضد وعظم الفخذ، معلومات عن جنس الشخص أيضًا.

الحزام الحوضي والطرف السفلي The Pelvic Girdle and Lower Limb

يتكوّن الحزام الحوضي من ارتباط عظام العجز والعصعص بعظمتي الحوض (الورك) Hip bones الكبيرتين، وتتصل بهما الأطراف السفلية. ويتألف كل طرف سفلي من: عظم الفخذ Femur الذي يُعدّ أطول وأقوى عظمة في الجسم، وعظمتي الساق (الشظية والقصبة)، وعظمة الرضفة الصغيرة المستديرة أمام مفصل الركبة، وعظام القدم التي تشمل عظام الكاحل ومشط القدم والسلاميات، وتساعد على دعم وزن الجسم والحركة بمرونة، أنظر الشكل (7).

أتحقَّق: ما أجزاء عظام الأطراف السفلية في الإنسان؟



الشكل (7): الحزام الحوضي والطرف السفلي.

الغضاريف Cartilage

الغضروف نسيج ضامّ متخصص يتكوّن من خلايا غضروفية، وتوجد غالبًا في أطراف العظام خاصة عند المفاصل وبين الفقرات، ويتمثل دورها في تسهيل الحركة والمرونة، وحماية العظام من التآكل نتيجة الاحتكاك أثناء الحركة.

المفاصل Joints

المفصل هو نقطة التقاء عظمتين أو أكثر، وتُغطّى أسطح العظام في المفاصل المتحركة بطبقة من الغضاريف لتقليل الاحتكاك. ترتبط عظام المفاصل عن طريق الأربطة، وهي أشرطة قوية من النسيج الضامّ.

تُصنَّف المفاصل في الهيكل العظمي حسب قدرتها على الحركة إلى ثلاثة أنواع، هي:

1. المفاصل الليفية: معظمها عديمة الحركة، ولا تسمح بأي حركة للعظام، ومن الأمثلة عليها: المفاصل بين عظام الجمجمة.
2. المفاصل الغضروفية: محدودة الحركة، وتسمح بحركة بسيطة، ومن الأمثلة عليها: المفاصل في العمود الفقري.
3. المفاصل الزلالية المتحركة: تسمح بأكبر قدر من الحركة، ومن الأمثلة عليها: مفصل الركبة، ومفصل الكوع، ومفصل الكتف، أنظر الشكل (8).

أتحقَّق: ما الفرق بين المفاصل الليفية والمفاصل الزلالية؟

الشكل (8): أنواع المفاصل حسب قدرتها على الحركة.

الربطُ بالطبِّ

فحص نخاع العظم: هو إجراء طبي يتم خلاله أخذ عيّنة من أنسجة نخاع العظم الموجود داخل العظام؛ لفحصها تحت المجهر. تؤخذ العيّنة بواسطة إبرة أو باقتطاع قطعة من نسيج عظام الحوض، وتُحلَّل لفحص خلايا الدم. يُجرى هذا الفحص في حالات متعددة، مثل: الاشتباه بوجود اختلالات في إنتاج خلايا الدم وتوزيعها، ومراقبة مرضى السرطان أثناء تلقيهم العلاج؛ لمعرفة مدى استجابة نخاع العظم للعلاج.

أفكّر: آلام المفاصل مشكلة شائعة مع تقدُّم الناس في العمر، ما سبب هذه المشكلة؟

بعض مشكلات الهيكل العظمي Some of Skeleton Disorders

هشاشة العظام Osteoporosis

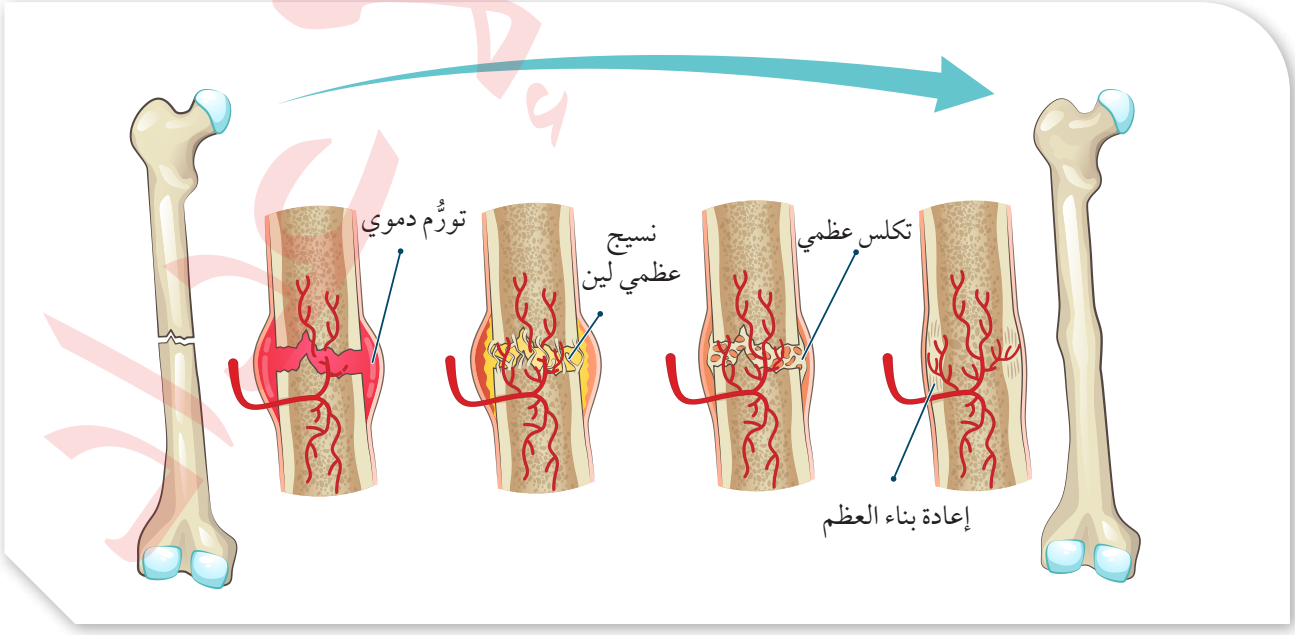
مرض تفقد فيه العظام كتلتها، مما يجعلها ضعيفة وأكثر عرضة للكسر. ومن طرق الوقاية منها: ممارسة بعض التمارين الرياضية، واتباع نظام غذائي صحي يحتوي على كميات مناسبة من الكالسيوم وفيتامين D مثل: الحليب، والزبادي، والجبن.

أفكّر: يوصى بأن يحصل الأشخاص في مرحلة المراهقة على 1300 mg من الكالسيوم يوميًّا، فإذا كان الكوب الواحد من الحليب يحتوي حوالي 300 mg من الكالسيوم، فكم يوفّر كوب الحليب من الاحتياج اليومي؟

كسور العظام Bone Fractures

على الرغم من أن العظام قوية جدًّا، فإنها قد تنكسر بسبب التعرّض لعوامل مختلفة، مثل: حوادث السيارات، والسقوط من أماكن مرتفعة.

عند كسر العظم تصبح منطقة الكسر مُتورِّمة ومؤلمة، وتنتقل خلايا العظام إلى مكان الكسر وتبدأ في إعادة بناء العظم المكسور (الكثيف والإسفنجي)، أنظر الشكل (9). وقد تحتاج بعض الكسور إلى تدخُّل جراحي لوضع قطع معدنية لتثبيت العظام حتى تلتئم جيدًا.



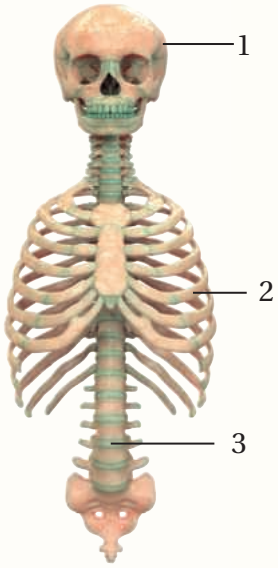
الشكل (9): إعادة بناء العظم المكسور.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ممّ يتكوّن الجهاز الهيكلي؟

2. أقارن بين الحزام الصدري والحزام الحوضي من حيث مُكوّنات كل منهما.

3. أستعين بالشكل المجاور في الإجابة عمّا يأتي:



أ . ماذا تمثّل الأجزاء الرئيسة المُشار إليها بالأرقام من (3–1)؟

ب . أسمّي الأجزاء التي تحتوي على مفاصل محدودة الحركة.

4. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة منها فقط صحيحة، أُحدّدها:**

1. توجد المفاصل الليفية في:

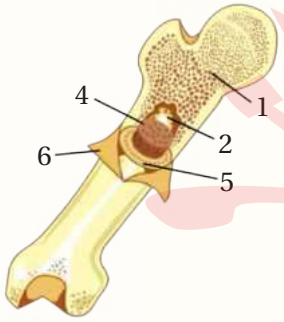
أ . عظام الطرف العلوي. ب. عظام الطرف السفلي.

جـ. عظام الجمجمة. د. فقرات العمود الفقري.

2. جميع العظام الآتية من عظام الهيكل المحوري ما عدا:

أ . عظام الجمجمة. ب. الترقوة. جـ. الأضلاع. د. العمود الفقري.

3. في الشكل المجاور، الجزء ورقمه على الترتيب الذي تُصنَّع فيه خلايا الدم:



أ . نخاع العظم (2) و (5).

ب .السمحاق (6).

جـ. عظم إسفنجي يحوي نخاع عظم أحمر (1).

د . نخاع العظم الأصفر (4).

4. الفقرات التي تتصل بالأضلاع هي:

أ . القطنية. ب. العجزية. جـ. الصدرية. د. العنقية.

5. تتكوّن أضلاع القفص الصدري من:

أ . 12 زوجًا. ب. 7 أزواج. جـ. 33 زوجًا. د. 22 زوجًا.

6. إحدى الطرائق الآتية تساعد في الوقاية من هشاشة العظام:

أ . الابتعاد عن ممارسة الرياضة. ب. تناول كميات مناسبة من فيتامين D.

جـ. التدخُّل الجراحي. د . تناول الأطعمة الغنية باليود.

العضلات وبعض مشكلاتها
Muscles and some of their Problems

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

تتكوّن العضلات من خلايا متخصصة قادرة على الانقباض والانبساط استجابةً للمثيرات. يوجد في جسم الإنسان ثلاثة أنواع من العضلات، هي: الهيكلية، والملساء، والقلبية.

نتاجات التعلُّم:

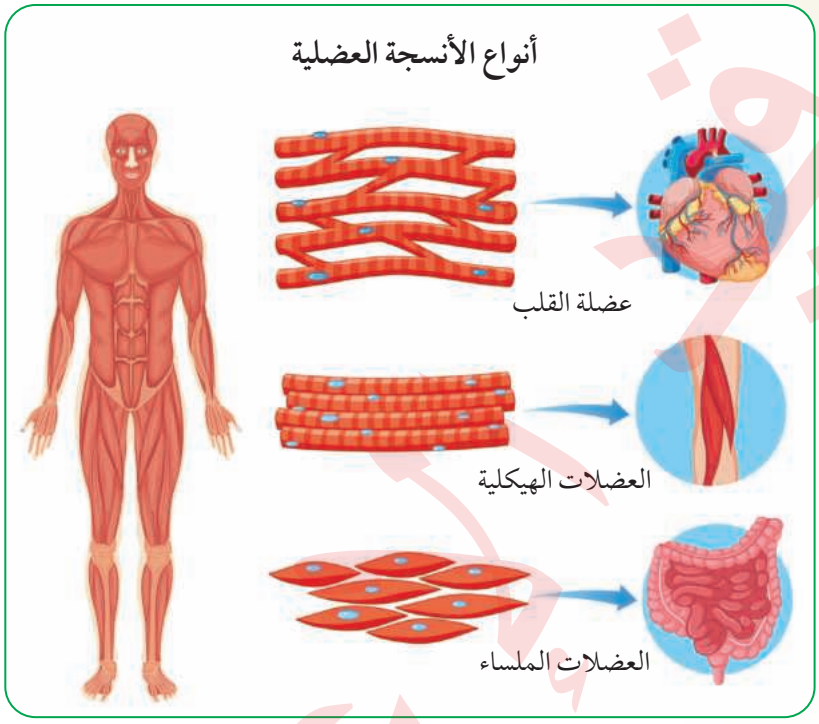
- أصف أنواع العضلات وتركيبها.
- أوضّح آلية انقباض العضلات الهيكلية وانبساطها.
- أوضّح آلية التنظيم العصبي لعضلة القلب وعلاقتها بضغط الدم.
- أصف بعض مشكلات العضلات.

المفاهيم والمصطلحات:

القطعة العضلية	Sarcomere
التروبوميوسين	Tropomyosin
التروبونين	Troponin
نموذج الخيوط المنزلقة	Sliding–filament model
الأُنيبيبات المستعرضة	T tubules
صانع الخطو	Pacemaker

العضلات Muscles

تعرّفتُ سابقًا أنواع العضلات الموجودة في جسمي، وهي: العضلات الملساء، وعضلة القلب، والعضلات الهيكلية، أنظر الشكل (10). وتعرّفت الوظائف التي تقوم بها الأنسجة العضلية في الجسم. وسأدرس في هذا الدرس تركيب العضلة الهيكلية وآلية انقباضها، وآلية التحكم بالعضلات وبعض مشكلاتها.



الشكل (10): أنواع الأنسجة العضلية.

أحدّد أماكن وجودها في جسم الإنسان.

نشاط

الأنسجة العضلية

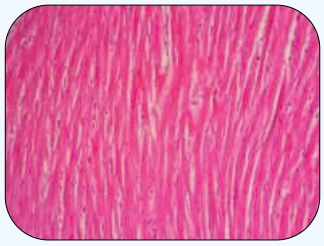
المواد والأدوات: شرائح مجهرية جاهزة لمقاطع نسيجية لعضلات ملساء وقلبية وهيكلية، مجهر ضوئي مركّب.

إرشادات السلامة:

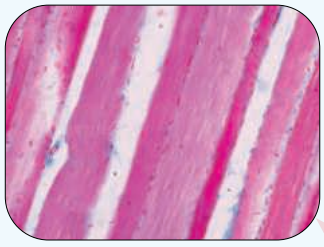
استخدام المجهر والشرائح المجهرية بحذر أثناء فحص العيّنات.

خطوات العمل:

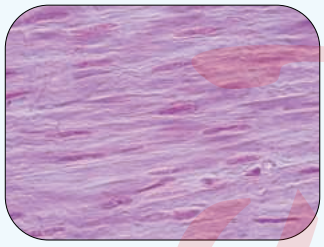
1. **أُجرب:** أفحص الشريحة تحت المجهر باستخدام قوّة تكبير العدسة الشيئية (10 X).
2. **أجرّب:** أكبّر الصورة باستخدام العدسة الشيئية (40 X).
3. **أجرّب:** أستخدم شريحة جديدة لنسيج عضلي مختلف.
4. أرسم مجموعة من الألياف العضلية كما أراها تحت المجهر.



نسيج عضلي قلبي



نسيج عضلي هيكلي



نسيج عضلي أملس

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتج:** كيف نميّز بين أنواع الأنسجة العضلية؟
2. **أُقارن** بين ما أراه تحت المجهر والصورة الواردة في الشكل المجاور.
3. **أُفسّر** سبب ظهور الخطوط في العضلات الهيكلية.
4. **أتواصل:** أناقش زملائي/ زميلاتي في النتائج التي أتوصّل إليها.

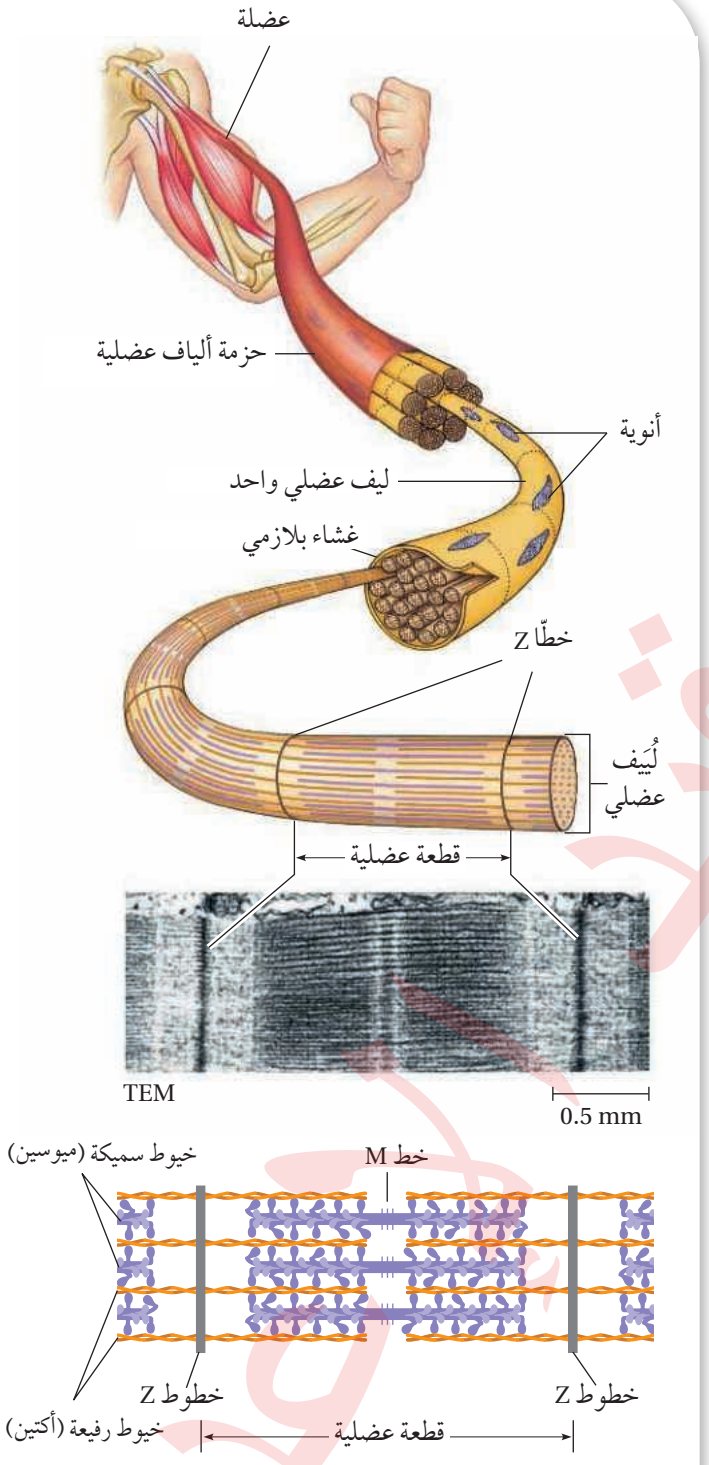
نسخة تجريبية

العضلات الهيكلية Skeletal Muscles

العضلات الهيكلية هي العضلات التي ترتبط بالعظام؛ ولذلك تسمى «الهيكلية»، وهي إرادية الحركة كما في حركة الذراعين والساقين وغيرها، ويؤدي انقباضها وانبساطها إلى حركة العظام عند المفاصل.

تتكوّن العضلة الهيكلية من حزمة من الألياف العضلية الطويلة Long muscle fibers تمتدّ على طول العضلة. ويشكّل كل ليف عضلي خلية واحدة متعددة النوى Multinucleated cell.

يحتوي كل ليف عضلي على عدد من اللُّيَيفات العضلية Myofibrils، ويتكوّن اللُّيَيف من وحدات متكررة تسمى **القطعة العضلية Sarcomere** وهي الوحدة الأساسية التي تنقبض لتُسبّب حركة العضلة الهيكلية. تحتوي القطعة العضلية على نوعين رئيسين من الخيوط البروتينية، هما: الخيوط السميكة الميوسين (Myosin)، والخيوط الرفيعة الأكتين (Actin). تتداخل خيوط الأكتين والميوسين بطريقة تجعل العضلة تبدو مخططة في الصور المجهرية. وفي نهايات خيوط الأكتين يوجد غشاء يساعد في تثبيتها يُسّمى (خط–Z)، ويشكل خطّا (Z) حدود القطعة العضلية. أمّا خيوط الميوسين فتُثبَّت نفسها في منتصف القطعة العضلية في منطقة تُسمّى (خط–M)، أنظر الشكل (11).



الشكل (11): تركيب العضلات الهيكلية.

أتحقَّق: ممّ تتكون العضلة الهيكلية؟

انقباض العضلة الهيكلية Skeletal Muscle Contraction

يحدث انقباض العضلات المخططة عن طريق انقباض القطع العضلية الفردية داخل اللُّيَفات العضلية. تحتوي كل قطعة عضلية على أربعة بروتينات تعمل معًا لتنظيم عملية الانقباض، هي:

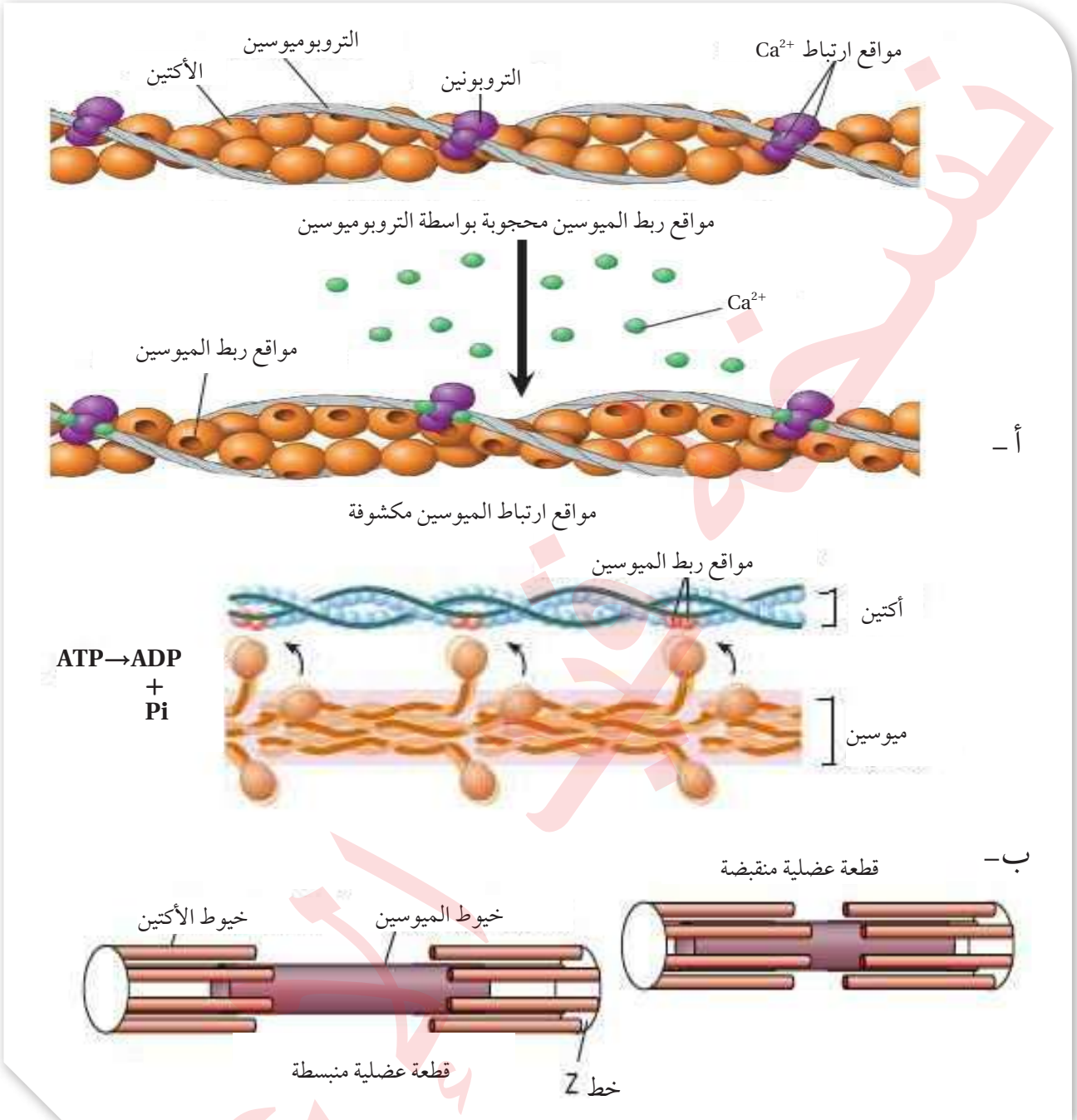
1. الميوسين: هو بروتين ليفي سميك يحتوي على ذيول خيطية، ورؤوس كروية لها القدرة على الارتباط بجزيئات ATP، يؤدي تحلل جزيئات ATP المرتبطة إلى تنشيط رؤوس الميوسين لتشكل جسورًا عرضية مع خيوط الأكتين.
2. الأكتين: هو بروتين ليفي رقيق، يحتوي على مواقع ربط لرؤوس الميوسين.
3. **التروبوميوسين Tropomyosin:** هو بروتين ليفي رقيق يغطي مواقع ربط رؤوس الميوسين على الأكتين عندما تكون العضلة في حالة انبساط.
4. **التروبونين Troponin:** هو بروتين صغير يرتبط بالتروبوميوسين، له موقع ارتباط مع أيونات الكالسيوم Ca^{2+} التي تُخزَّن في الشبكة الإندوبلازمية للألياف العضلية.

وفقًا لنموذج **الخيوط المنزلقة Sliding–filament model**، الذي يوضح آلية انقباض العضلة الهيكلية، حيث تنزلق خيوط الأكتين الرفيعة بين خيوط الميوسين السميكة نحو وسط القطعة العضلية مسببة قصر القطعة العضلية، من خلال الخطوات الآتية:

1. عندما يصل السيال العصبي من العصبون الحركي إلى الألياف العضلية يُطلَق الناقل العصبي الأستيل كولين (ACh) عند التشابك العصبي، ينتشر الأستيل كولين عبر الشق التشابكي، ويرتبط بالمُستقبِلات البروتينية على الغشاء البلازمي للألياف العضلية، مما يؤدي إلى تحفيز جهد الفعل في الألياف العضلية.
2. ينتشر جهد الفعل على طول الغشاء البلازمي للألياف العضلية، ويتحرك إلى أسفل عبر الأنيبيبات المستعرضة (T tubules)، وهي امتدادات من الغشاء البلازمي للخلية العضلية تسمح بنقلٍ أسرع لجهد الفعل إلى داخل الخلية.
3. يحفّز جهد الفعل إطلاق أيونات الكالسيوم Ca^{2+} من مخازنها في الشبكة الإندوبلازمية الملساء داخل الألياف العضلية.
4. ترتبط أيونات الكالسيوم ببروتين التروبونين في الخيوط الرفيعة (الأكتين)؛ مما يؤدي إلى إزاحة بروتين التروبوميوسين الذي كان يحجب مواقع ربط رؤوس الميوسين، فتتكشف هذه المواقع، أنظر الشكل (12/ أ).

أُفكّر: في الشكل (12/ ب) عندما تكون الليفات العضلية منبسطة، فإن المسافة من خط Z الواحد إلى أطراف خيوط الميوسين هي 0.3 µm وعند الانقباض الكامل، تتحرك أطراف خيوط الميوسين لتكون على اتصال بالخط Z. فإذا انقبضت 4000 قطعة عضلية على طول الليف العضلي، احسب المسافة الكلية لانقباض الليف العضلي؟

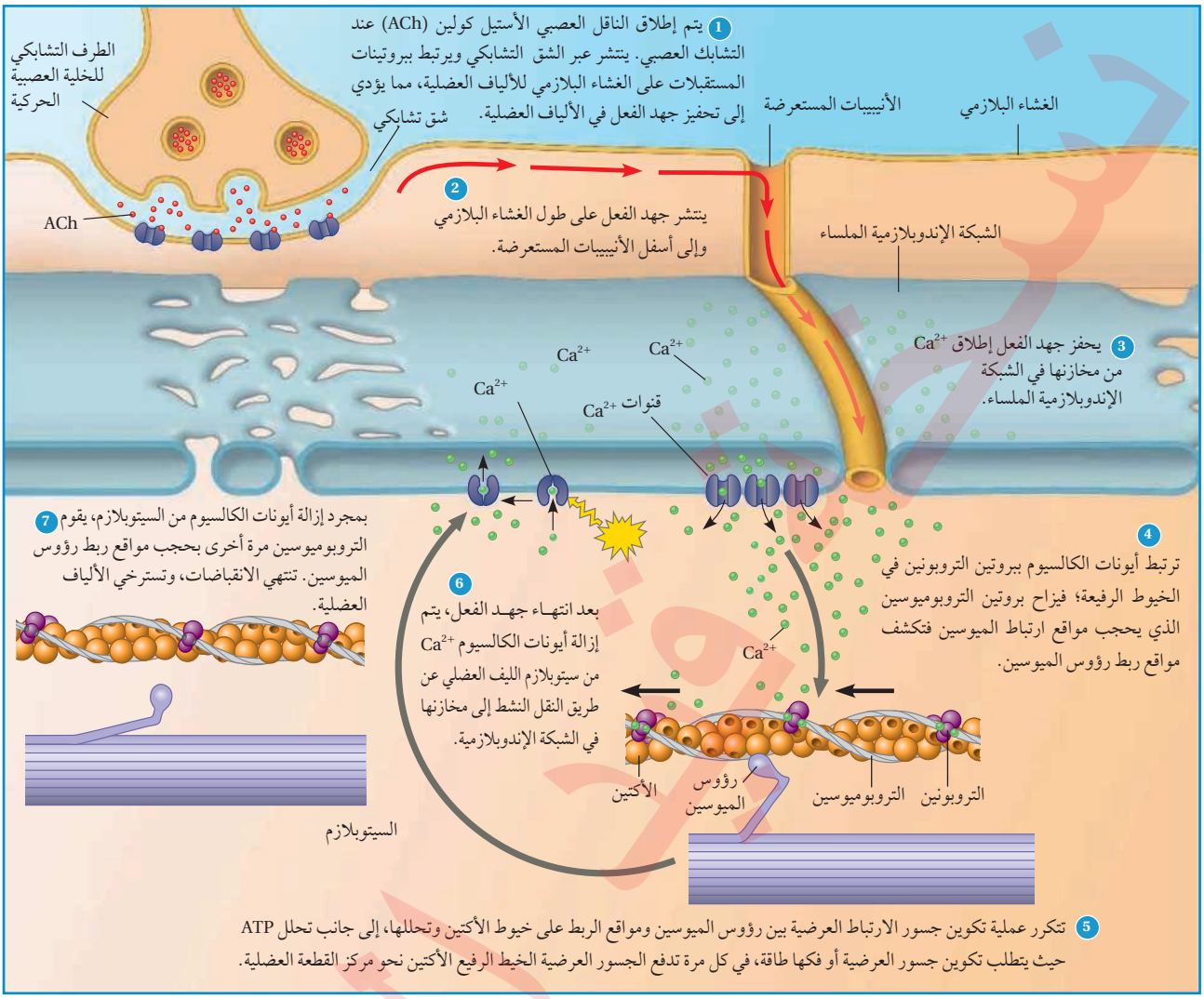
نسخة غير للبيع



الشكل (12):
أ . دور بروتينات التروبونين والتروبوميوسين والكالسيوم في ربط رؤوس الميوسين بالأكتين.
ب. قطعة عضلية منقبضة وأخرى منبسطة.

5. تتكرّر عملية ارتباط وفكّ الجسور العرضية بين رؤوس الميوسين ومواقع الأكتين بمساعدة تحلّل ATP، حيث تتطلب هذه العملية طاقة. في كل مرة ترتبط فيها الجسور العرضية بالأكتين تُدفَع خيوط الأكتين نحو مركز القطعة العضلية، ممّا يؤدي إلى انقباض العضلة، أنظر الشكل (12/ ب).

6. بعد انتهاء جهد الفعل، يُعاد ضخّ أيونات الكالسيوم Ca^{2+} من السيتوبلازم إلى مخازنها في الشبكة الإندوبلازمية بواسطة النقل النشط.



الشكل (13): ملخص الانقباض في ألياف العضلات الهيكلية حسب نموذج الخيوط المنزلقة.

7. بمجرد إزالة أيونات الكالسيوم من السيتوبلازم، يعود التروبوميوسين إلى تغطية مواقع ربط رؤوس الميوسين، مما يؤدي إلى استرخاء العضلة وانبساطها، أنظر الشكل (13).

✓ **أتحقَّق:** ما البروتينات التي تدخل في انقباض العضلة الهيكلية؟

الربطُ بعلم العلاج الطبيعي وإعادة التأهيل **الأعضاء الصناعية Artificial Organs**

شهدت صناعة الأعضاء الصناعية تطوّرًا كبيرًا، لا سيَّما في الأطراف الصناعية؛ إذ أصبحت تضم حساسات ومعالِجات دقيقة تساعد على أداء وظائف أكثر دقَّة. فمثلًا: يُثبَّت طرف صناعي علوي يحتوي على نظام إلكتروني يتكوّن من بطارية ومجسّات لقياس النشاط الكهربائي للعضلات والأعصاب الموجودة مكان تثبيت الطرف. تُضخَّم هذه الإشارات، ثم تُرسَل إلى معالج لتحريك الطرف الصناعي بشكل دقيق لأداء المهمة المطلوبة.

العضلات الملساء Smooth Muscles

تتميز العضلات الملساء بعدم وجود خطوط ليفية تحت المجهر الضوئي؛ لأن خيوط الأكتين والميوسين لا تصطف بانتظام داخل الخلية، وهذا سبب تسميتها بالملساء. وتتصف خلايا العضلات الملساء بأنها رفيعة ومغزلية الشكل، وتحتوي الخلية على نواة واحدة (أحادية النواة).

وظائف العضلات الملساء Smooth Muscles Functions

توجد العضلات الملساء في جدران الأعضاء الداخلية المُجوَّفة، مثل: الجهاز الهضمي، والجهاز التناسلي، والأوعية الدموية، وتتسبب في انقباض جدران هذه الأعضاء والتحكّم في تدفّق الدم في الشرايين وتنظيم ضغط الدم، وتؤدي دورًا في الحفاظ على درجة حرارة الجسم، ونقل الطعام عبر الجهاز الهضمي، وتؤدي إلى انقباضات الرحم أثناء المخاض. وتوجد العضلات الملساء أيضًا في العين، إذ تتحكم في عدسة العين وقُطر البؤبؤ.

أفكّر: ما الأضرار التي قد تحدث إذا كان التحكم في العضلات الملساء إراديًّا؟

آلية التحكم بالعضلات الملساء Smooth Muscles Control Mechanism

انقباض العضلات الملساء لاإرادي، مما يعني أن الشخص لا يمكنه التحكم في انقباضها وانبساطها. بدلًا من ذلك يتحكم فيها الجهاز العصبي اللاإرادي؛ من أجل تنظيم العديد من الوظائف دون تدخّل من الشخص.

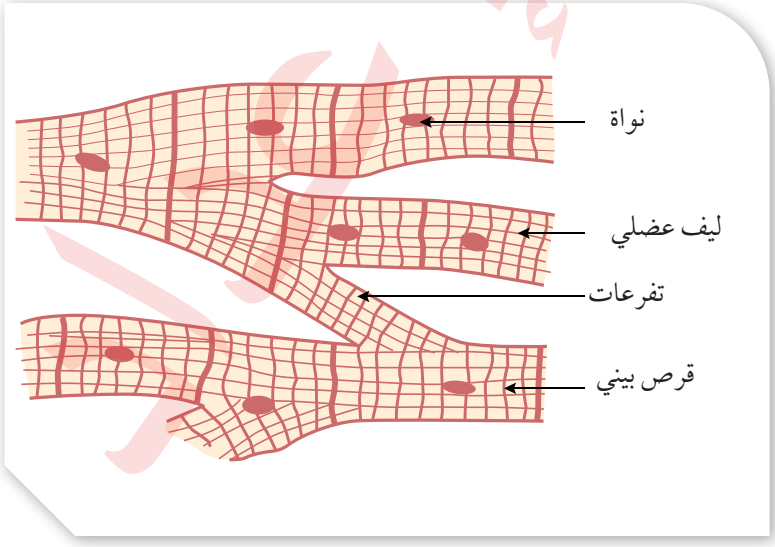
وعلى الرغم من أن العضلات الملساء أبطأ في الانقباض من العضلات الهيكلية، فإنها يمكن أن تتحمل الانقباضات مُددًا طويلة ولا تتعب بسهولة.

أتحقَّق: ما أهم وظائف العضلات الملساء في الجسم؟

العضلة القلبية Cardiac muscle

العضلة القلبية هي نوع خاص من العضلات اللاإرادية الحركة الموجودة في أنسجة القلب. تتميّز أليافها عادةً بأنها أحادية النواة، ومخططة، وأسطوانية الشكل، ومتفرعة. ترتبط الألياف العضلية القلبية بعضها مع بعض من خلال مناطق تُسمّى الأقراص البينية Intercalated disks، أنظر الشكل (14).

الشكل (14): ألياف العضلة القلبية.



تتميز العضلة القلبية أيضًا بقدرتها على توصيل الإشارات الكهربائية بشكل فعّال، إذ تعمل الخلايا في جزء من القلب كجهاز تنظيم ضربات القلب المعروف بـ صانع الخطو **Pacemaker** حيث تعمل على توليد استقطاب إيقاعي وانقباض بشكل تلقائي دون الحاجة إلى تحفيز من الجهاز العصبي؛ أي أنها قادرة على توليد جهد الفعل اللازم لانقباض العضلة، في حين يتحكم الجهاز العصبي اللاإرادي في سرعة هذه الانقباضات وعددها. أما العضلات الهيكلية والعضلات الملساء فتتطلب محفّزات من الجهاز العصبي من أجل بدء عملية الانقباض.

تنتقل الإشارات الكهربائية من جهاز تنظيم ضربات القلب إلى باقي أجزاء القلب بفضل الأقراص البينية التي تربط خلايا العضلة القلبية بعضها ببعض كهربائيًّا، كما تتكيف العضلة القلبية مع الانقباض والاسترخاء مرارًا وتكرارًا.

✓ **أتحقَّق:** ما الجزء المسؤول عن التنظيم العصبي لعضلة القلب؟

بعض مشكلات العضلات Some of Muscles Disorders

تُعدّ الاضطرابات العضلية شائعة بين الناس، وتتنوّع من حالات بسيطة إلى حالات قد تهدّد الحياة، ومنها:

تشنّج العضلة Muscle Spasm

هو انقباض مفاجئ وغير إرادي للعضلة، غالبًا ما يصاحبه ألم شديد. يمكن أن يحدث التشنّج في العضلات الملساء أو الهيكلية، وعادة ما يكون ناتجًا عن النشاط البدني الشاقّ. يتضمن علاج تشنُّج العضلة عادةً تمارين الاستطالة والتدليك والعلاج بالحرارة أو البرودة، والأدوية مثل مُرخِّيات العضلات. وللوقاية من تشنُّج العضلات يُنصَح بالتغذية السليمة والإحماء قبل أي نشاط بدني.

ضمور العضلات Muscular Dystrophy

هو مصطلح يشير إلى مجموعة من الاضطرابات التي تؤدي إلى تدهور تدريجي في ألياف العضلات بسبب طفرات وراثية. يصحبه موت الألياف العضلية، وتحل الدهون والنسيج الضام بدلاً منها ، ويعدّ مرض دوشين Duchenne Muscular Dystrophy (DMD) النوع الأكثر شيوعًا. لا يوجد علاج فعال لمثل هذه الاضطرابات، ولكن يمكن استخدام بعض الأدوية التي تبطئ تطوُّر ضعف العضلات وتدهورها، كما قد يساعد العلاج الطبيعي في الحفاظ على قوة العضلات ومرونتها للحفاظ على القدرة على الحركة.

✓ **أتحقَّق:** ما أهم المشكلات التي تصيب العضلات؟

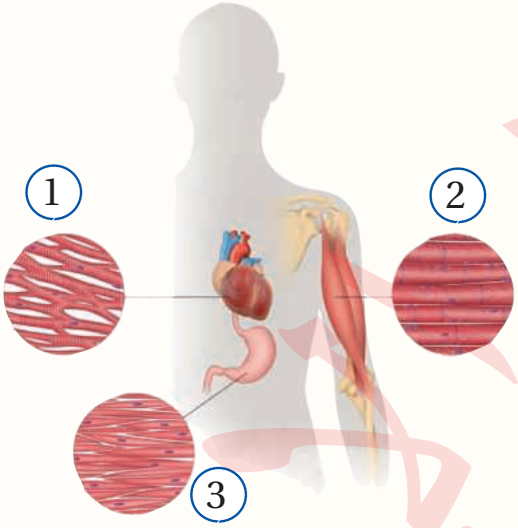
مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أقارن بين أنواع العضلات في جسم الإنسان، من حيث: التركيب، والوظيفة.
2. أبيّن كيف تتداخل الخيوط الرفيعة والسميكة في نموذج الخيوط المنزلقة.
3. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة منها فقط صحيحة، أُحدّدها:**

1. تنتظم الخيوط البروتينية الرفيعة والسميكة في وحدة تركيب وظيفية تُسمّى:
   أ . لُيَفات عضلية.
   ب. خيوطًا عضلية.
   جـ. قطعة عضلية.
   د . خلية عضلية.

2. بناءً على نموذج الخيوط المنزلقة، تتكشف مواقع ارتباط رؤوس الميوسين بالأكتين عند ارتفاع مستوى:
   أ . الفوسفات.
   ب. ATP
   جـ. الأستيل كولين.
   د . أيونات الكالسيوم.

*أستخدم الشكل المجاور للإجابة عن الفروع (5 – 3):



3. الجزء المشار إليه بالرقم (1) هو:
   أ . عضلة لاإرادية الحركة.
   ب. عضلة إرادية الحركة.
   جـ. العضلة الأكثر انتشارًا في الجسم.
   د. عضلة ذات خلايا مغزلية الشكل.

4. الجزء المشار إليه بالرقم (2) هو:
   أ . عضلة هيكلية.
   ب. عضلة ملساء.
   جـ. عضلة قلبية.
   د. عضلة لاإرادية.

5. الجزء المشار إليه بالرقم (3) هو:
   أ . عضلة غير مخططة إرادية الحركة.
   ب. عضلة هيكلية غير مخططة.
   جـ. عضلة مخططة لاإرادية الحركة.
   د. عضلة غير مخططة لاإرادية الحركة.

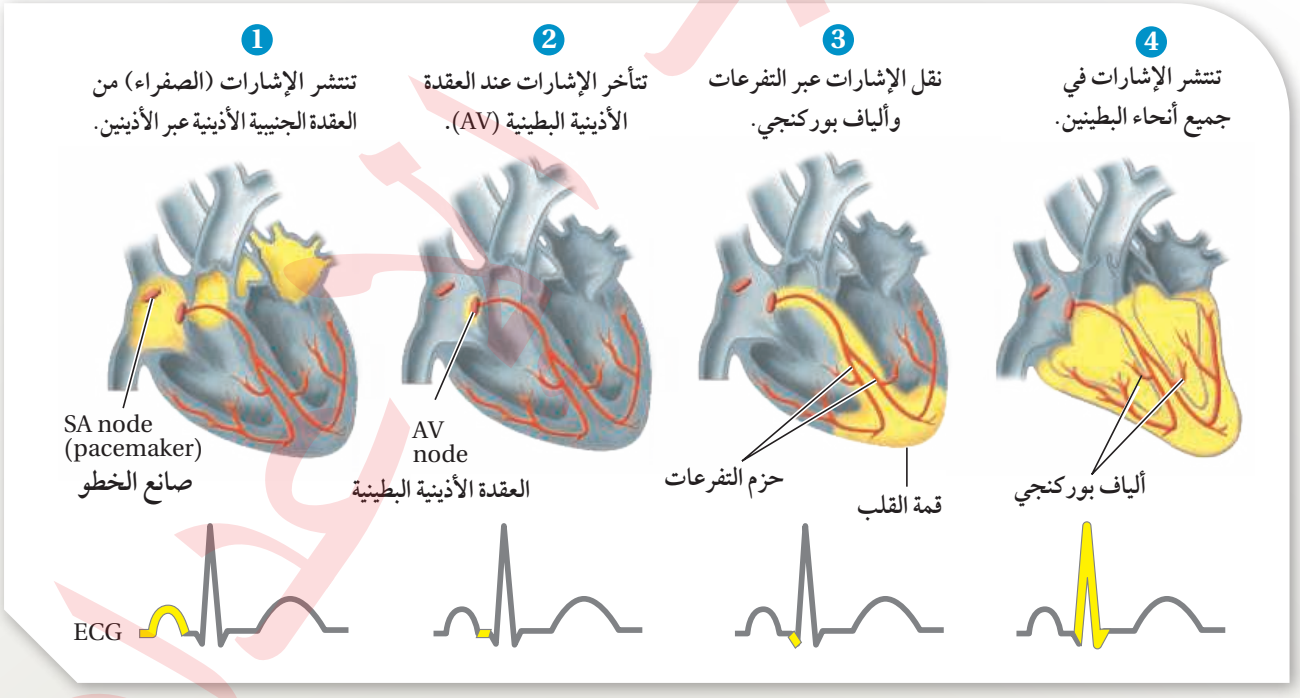
6. جميع العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بعلاج تشنُّج العضلة **ما عدا:**
   أ . ممارسة تمارين الاستطالة والتدليك.
   ب. العلاج بالحرارة أو البرودة.
   جـ. ممارسة النشاط البدني الشاق.
   د. الأدوية مثل مُرخِّيات العضلات.

قياس النشاط الكهربائي للقلب
Electrocardiogram (ECG or EKG)

تنشأ نبضات القلب ذاتيًّا من العقدة الجيبية الأذينية (SA) الموجودة في الأذين الأيمن، والتي تعمل كمنظم لضربات القلب (صانع الخطو). تولّد هذه العقدة إشارات كهربائية تنتشر في جميع أنحاء القلب، ويمكن قياسها باستخدام جهاز تخطيط القلب (ECG) من خلال أقطاب توضع على الجلد.

تنتقل الإشارات الكهربائية من العقدة الجيبية الأذينية إلى العقدة الأذينية البطينية (AV)، والتي تؤخّر الإشارة لفترة قصيرة؛ لضمان تفريغ الأذينين بالكامل قبل انقباض البطينين. بعد ذلك، تنتقل الإشارات إلى البطينين عبر حُزم متخصصة (حُزم التفرُّعات وألياف بوركنجي)، مما يؤدي إلى انقباضهما وتوليد ضغط الدم.

يُعدّ تخطيط القلب اختبارًا سريعًا وبسيطًا يساعد في تشخيص حالات مرضية، مثل النوبات القلبية واضطرابات نبضات القلب، مما يوفر تقييمًا مهمًّا لصحة القلب.



السؤال الأول:

لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة منها فقط صحيحة، أُحدّدها:

1. أي من الثنائيات الآتية **غير صحيحة**؟
   أ . مفصل غضروفي – الفقرات.
   ب. مفصل ليفي – الركبة.
   جـ. مفصل زلالي – الكوع.
   د. مفصل ليفي – الجمجمة.
2. جميع العبارات الآتية صحيحة، **ما عدا**:
   أ . تحمي الجمجمة الدماغ، وتتكوّن لدى البالغين من (22) عظمة.
   ب. يتكوّن الحزام الحوضي من ارتباط عظام العجز والعصص بعظمتي الورك.
   جـ. يحتوي الجسم على حزامين صدريين: أيمن، وأيسر.
   د . يُعدّ عظم الساق أطول العظام في الجسم وأقواها.
3. ترتبط عظام المفاصل بعضها ببعض عن طريق:
   أ . الأوتار. ب. الفقرات.
   جـ. الأربطة. د . العظم الإسفنجي.
4. جهد الفعل الذي ينتشر على طول الأُنيبيبات المستعرضة في الألياف العضلية يتسبّب بشكل مباشر في:
   أ. حركة بروتين التروبوميوسين.
   ب. ارتباط الجسور العرضية بالميوسين.
   جـ. إطلاق أيونات الكالسيوم من الشبكة الإندوبلازمية.
   د. تحلّل جزيئات ATP.
5. أي من العبارات الآتية حول الجسور العرضية **غير صحيحة**؟
   أ. تتكوّن من بروتين الميوسين.
   ب. تدفع الجسور العرضية خيط الأكتين بعيدًا عن مركز القطعة العضلية.
   جـ. يتطلب تكوين الجسور العرضية أو فكّها طاقة على شكل ATP.
   د. تربط الجسور العرضية خيوط الميوسين بخيوط الأكتين.
6. تتكوّن الخيوط السميكة للألياف العضلية من:
   أ . الأكتين. ب. التروبوميوسين.
   جـ. التروبونين. د . الميوسين.
7. يسبّب نقص الكالسيوم في العضلات:
   أ . عدم انقباض العضلات. ب. انقباضًا ضعيفًا.
   جـ. انقباضًا قويًّا. د. ليس له تأثير.
8. أي من العبارات الآتية صحيحة؟
   أ . الألياف العضلية مجموعة من الخلايا تنتشر في مادة أساسية بين خلوية.
   ب. تحتوي القطعة العضلية الهيكلية على بروتينات الأكتين والميوسين مرتبة بشكل متوازٍ.
   جـ. وظيفة Ca^{2+} في الانقباض هي الارتباط بالتروبوميوسين.
   د . اللُّيَفات العضلية الهيكلية خلايا عضلية مفردة.
9. العظمة الوحيدة المتحركة في الجمجمة، هي:
   أ. القحف. ب. الفك العلوي.
   جـ. عظم الوجه. د . الفك السفلي.
10. أي مما يأتي **ليست** من وظائف الهيكل العظمي؟
    أ . إنتاج خلايا الدم. ب. تخزين الدهون.
    جـ. تخزين المعادن. د . تدفئة الجسم.
11. أي من العظام الآتية **لا تُعدّ** من عظام الهيكل العظمي الطرفي؟
    أ. عظمة لوح الكتف. ب. عظمة مشط القدم.
    جـ. الضلع. د . عظمة الرضفة.
12. جميع العبارات الآتية صحيحة، **ما عدا**:
    أ . عظم الفخذ هو أطول وأقوى عظمة في الجسم.
    ب. عظمة الفك السفلي متحركة.
    جـ. تتكوّن الأقراص بين الفقرات من غضاريف.
    د . خلايا العظام صُلبة وقاسية؛ لأنها ميتة.

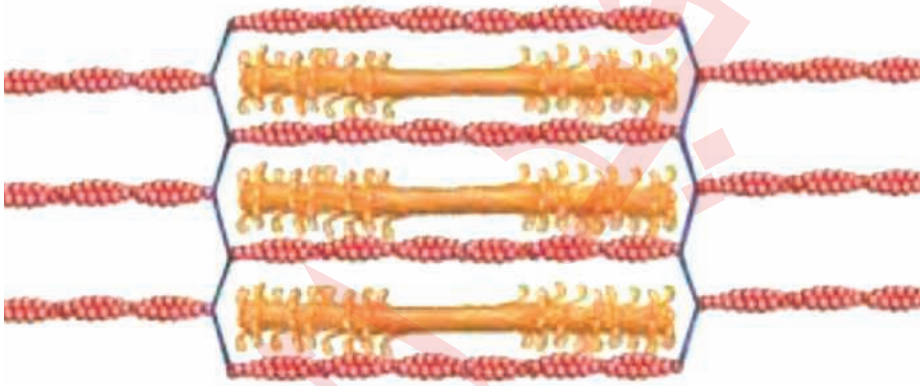
13. تتكوّن من عظمة الكعبرة والزند:

أ . عظام اليد.
ب. عظام العضد.
جـ. عظام الساعد.
د . عظام الساق.

14. تُعدّ العضلات الملساء:

أ . أحادية النواة.
ب. عديمة الأنوية.
جـ. عديدة الأنوية.
د. ثنائية الأنوية.

15. يبيّن الشكل المجاور:



أ . قطعة عضلية منبسطة.
ب. قطعة عضلية منقبضة.
جـ. أنابيب مستعرضة.
د . شبكة إندوبلازمية.

السؤال الثاني:

أوضّح وظيفة كل مما يأتي حسب نموذج الخيوط المنزلقة لانقباض العضلات الهيكلية.

أ . أيونات الكالسيوم.

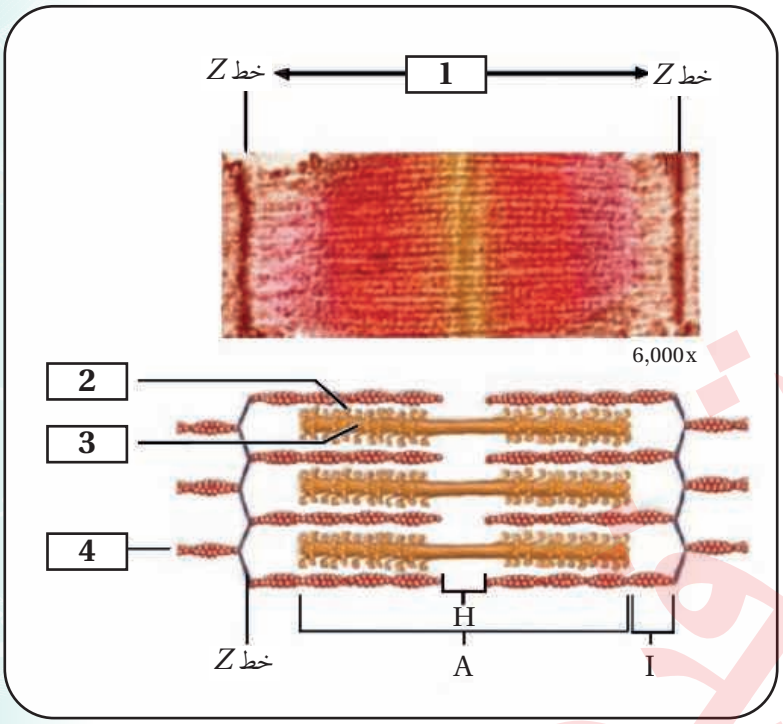
ب. التروبونين.

جـ. التروبوميوسين.

د . ATP.

السؤال الثالث:

يوضّح الشكل المجاور صورة بالمجهر الإلكتروني ورسمًا توضيحيًّا لجزء من اللُّيَيف في العضلات المخططة:



أ . ما الأجزاء المُرقَّمة من 1 إلى 4 ؟

ب. إلامَ ترمز الحروف: A، H، I؟

السؤال الرابع:

أفسّر: أثناء انقباض العضلات المخططة:

أ . تبقى المناطق الداكنة بالطول نفسه.

ب. تصبح المناطق الفاتحة أقصر.

السؤال الخامس:

مرض ضمور العضلات دوشين مرض وراثي يؤثر في وظيفة بروتين الديستروفين (Dystrophin)، الذي يعدّ جزءًا من بنية الشبكة الإندوبلازمية ويشارك في ربط خيوط الأكتين ببروتينات أخرى مُكوِّنة للألياف العضلية. ما التأثيرات التي تحدث في وظيفة العضلات نتيجة نقص بروتين الديستروفين؟

السؤال السادس:

بعد وفاة كائن حي من الثدييات، تتصلب العضلات، وهذا ما يُعرَف بتصلُّب الجثة. أستخدم نموذج الخيوط المنزلقة في تفسير سبب حدوث تصلُّب الجثة.

السؤال السابع:

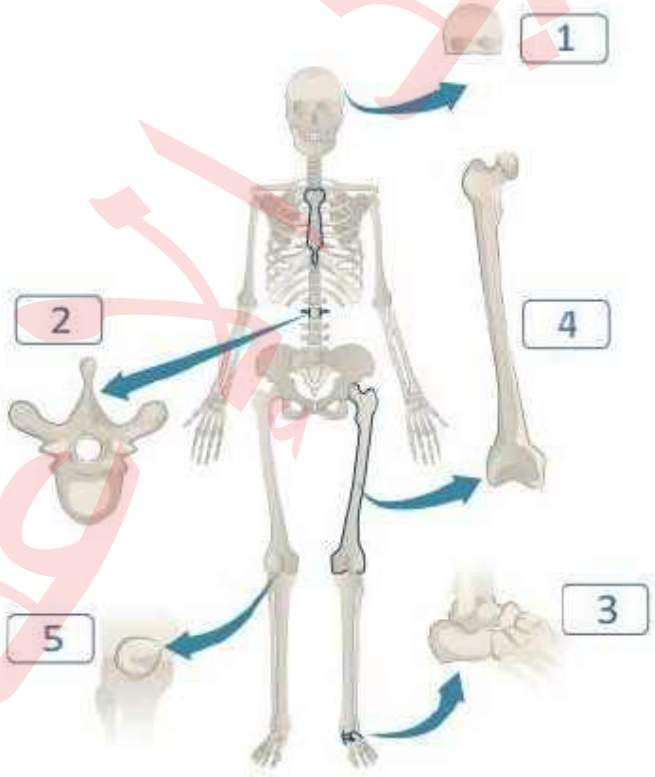
تظهر في الصور المجاورة صور أشعة (X) لجزء من الهيكل العظمي:

أ . ما المشكلة التي تظهر في الصورة والتي تؤثر في الهيكل العظمي؟

ب. ما الإجراء الطبي المستخدم لعلاج هذه المشكلة؟

السؤال الثامن:

أستخدم الشكل المجاور للإجابة عن الفقرات الآتية:



أ . أسمّي الأجزاء المشار إليها بالأرقام من (5–1).

ب. أصنّف العظام المُرقَّمة إلى عظام الهيكل المحوري والهيكل الطرفي.

جـ. ما العادات الصحية الواجب اتباعها للحفاظ على صحة الهيكل العظمي؟

الوحدة 7

الهضم والنقل وتبادل الغازات

Digestion, Transport and Gas Exchange

قال تعالى:

﴿ وَكُلُوا۟ مِمَّا رَزَقَكُمُ ٱللَّهُ حَلَٰلًا طَيِّبًا ۚ وَٱتَّقُوا۟ ٱللَّهَ ٱلَّذِىٓ أَنتُم بِهِۦ مُؤْمِنُونَ ﴿٨٨﴾ ﴾ (سورة المائدة، الآية 88).

أتأمَّل الصورة

يحتاج جسم الإنسان إلى المواد المغذية والطاقة التي يستخدمها في عملياته الحيوية المختلفة. وتتآزر أجهزة الجسم في عملها لاستمرار أدائه العمليات الحيوية بكفاءة. فما طبيعة التكامل في الصورة التي تظهر فيها أوعية دموية وخلايا مبطِّنة للأمعاء؟ كيف تتكامل أجهزة الجسم المختلفة لتزويده بالطاقة وما يَلزمه من مواد؟

الفكرة العامة:

لكلٍّ من أجهزة الهضم والدوران والتنفُّس وظائف خاصة، غير أنَّها تتآزر لكي تستفيد جميع الخلايا من الغذاء الذي يتناوله الإنسان، وتحصل على الطاقة منه، وتتخلَّص من الفضلات.

الدرس الأول: الجهاز الهضمي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته.

الفكرة الرئيسة: يعمل الجهاز الهضمي على تحويل الغذاء إلى مواد بسيطة يُمكِن امتصاصها والاستفادة منها، وتخليص الجسم من الفضلات الصُّلْبة.

الدرس الثاني: جهاز الدوران: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته.

الفكرة الرئيسة: يتكوَّن جهاز الدوران من القلب والدم والأوعية الدموية، ويعمل على نقل المواد اللازمة إلى الخلايا، وتخليصها من الفضلات والمواد الأُخرى الزائدة على حاجة الجسم.

الدرس الثالث: الجهاز التنفُّسي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته.

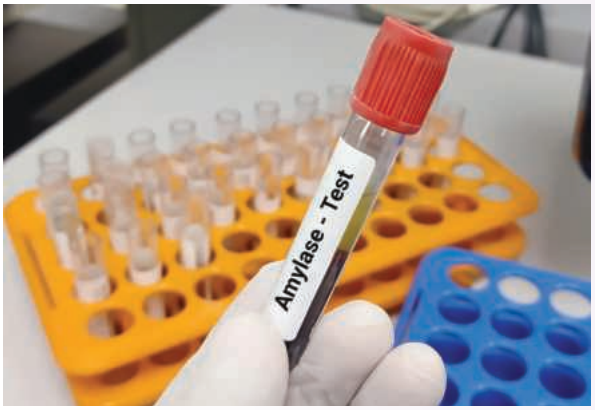
الفكرة الرئيسة: ينقل الجهاز التنفُّسي الأكسجين من الهواء الجوي إلى دم الإنسان، ويُخلِّص الجسم من ثاني أكسيد الكربون.

تجربة استهلالية

دور إنزيم الأميليز في عملية الهضم

المواد والأدوات: محلول أميليز، محلول نشا (نسبة تركيز كلٍّ منهما 5 %)، أنبوبا اختبار، طبقان صغيران، قطّارتان، حمّام مائي، ملقطان، مخبار مُدرَّج، محلول يود (لوغول)، محلول بندكت، ميزان حرارة، مصدر حرارة.

إرشادات السلامة: استعمال المياه الساخنة والمصدر الحراري بحذر.



خطوات العمل:

1. أُرقِّم أنبوبي الاختبار بالرقمين (1) و (2)، ثم أُرقِّم الطبقين بالحرفين (أ) و(ب).
2. أضع في أنبوب الاختبار رقم (1) 5 mL من محلول النشا، و 5 mL من محلول الأميليز، ثم أضع في أنبوب الاختبار رقم (2) 5 mL من محلول النشا، ثم أرجُّهما جيدًا.
3. أُمسِك كل أنبوب بملقط، ثم أضعهما في حمّام مائي درجة حرارته 37 °C، مدَّة 30 min، وأحرص أنْ تظل درجة الحرارة 37 °C تقريبًا.
4. أنقل 1 mL من أنبوب الاختبار رقم (1) إلى الطبق (أ)، ثم أنقل 1 mL من أنبوب الاختبار رقم (2) إلى الطبق (ب).
5. **أُجرِّب:** أكشف عن وجود النشا بإضافة قطرتين من محلول اليود إلى كل طبق، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.
6. **أُلاحِظ** ما حدث للون اليود في كل طبق.
7. **أُجرِّب:** أُضيف 1 mL من محلول البندكت الأزرق إلى كل أنبوب، وأستمر في عملية التسخين.
8. **أُقارِن** ما يحدث في الأنبوبين بعد مرور 5 min.

التحليل والاستنتاج:

1. **أتوقَّع** سبب وضع الأنابيب في حمّام مائي درجة حرارته 37 °C.
2. **أستنتج:** علامَ يدل اختفاء النشا من الأنبوب الأول؟
3. **أُصنِّف** الطبقين إلى طبق حدث فيه هضم، وطبق لم يحدث فيه هضم.
4. **أُفسِّر** سبب تكوُّن راسب أحمر برتقالي في أحد الأنبوبين.
5. **أتوقَّع** سبب استخدام الأنبوب الثاني.

الجهاز الهضمي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته

Digestive System: Structure and Function and some of its Problems

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

يعمل الجهاز الهضمي على تحويل الغذاء إلى مواد بسيطة يُمكِن امتصاصها والاستفادة منها، وتخليص الجسم من الفضلات الصُّلْبة.

نتاجات التعلُّم:

- أُحدِّد تركيب الجهاز الهضمي، ووظيفة كل جزء منه.
- أَصِف عمليات الهضم على طول القناة الهضمية.
- أصف بعض مشكلات الجهاز الهضمي.

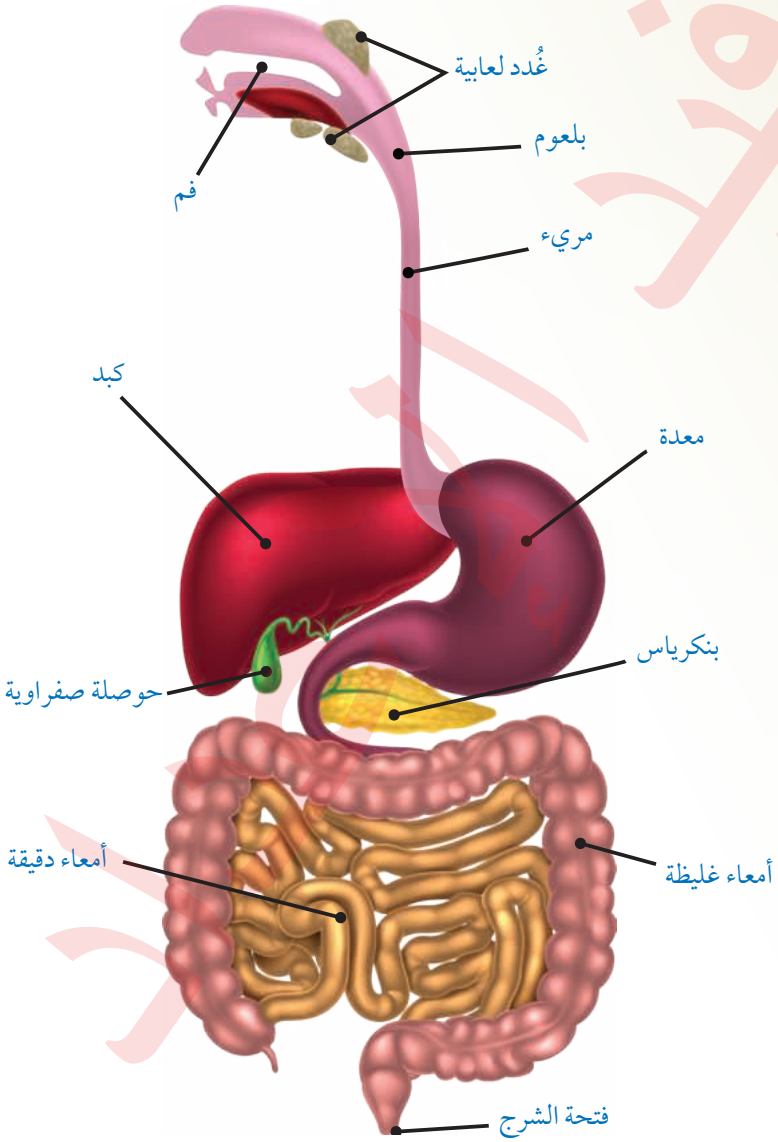
المفاهيم والمصطلحات:

الحركة الدودية	Peristalsis
العضلة العاصرة الفؤادية	Cardiac Sphincter Muscle
الكيموس	Chyme
الصمام البوابي	Pyloric Valve
استحلاب الدهون	Fat Emulsification

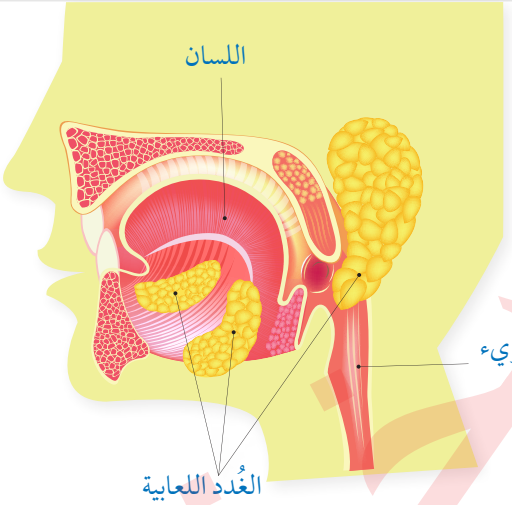
الهضم على طول القناة الهضمية

Digestion in the Digestive Tract

يتكوَّن الجهاز الهضمي من القناة الهضمية، والغُدد المُلحَقة بها. تضم القناة الهضمية الفم، والبلعوم، والمريء، والمعدة، والأمعاء الدقيقة، والأمعاء الغليظة، وفتحة الشرج، في حين تضم الغُدد المُلحَقة الغُدد اللعابية، والكبد، والحوصلة الصفراوية، والبنكرياس، أنظر الشكل (1).



الشكل (1): القناة الهضمية، والغُدد المُلحَقة.



الشكل (2): الأزواج الرئيسة الثلاثة من الغُدد اللعابية في الفم: الغُدد النكافية التي تقع أمام الأذنين، والغُدد تحت الفك السفلي، والغُدد تحت اللسان.

الهضم في الفم Digestion in the Mouth

تعمل القواطع والأنياب والضواحك على تقطيع الطعام وتمزيقه، وتطحن الأضراس الطعام، في حين يُحرِّك اللسان الطعام؛ لخلطه باللعاب، وترطيبه.

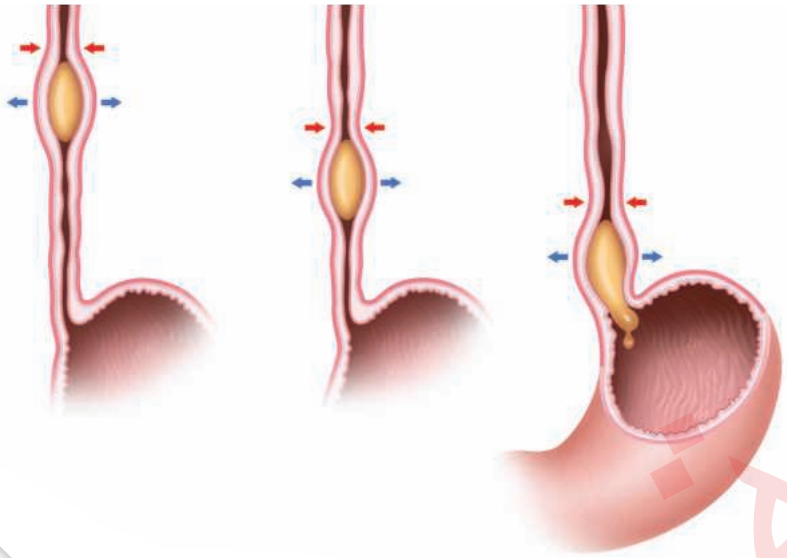
يوجد في الفم ثلاثة أزواج رئيسة من الغُدد اللعابية، أنظر الشكل (2). تُفرِز الغُدد اللعابية إنزيم ألفا أميليز α Amylase الذي ينتقل مع الغذاء إلى المعدة حيث يستمر تأثيره فيها ساعات عِدَّة؛ إذ يعمل على تحليل الكربوهيدرات المُعقَّدة التركيب (مثل النشا)، وتحويلها إلى سكريات بسيطة التركيب.

وحين يصل الطعام إلى البلعوم Pharynx؛ وهو أنبوب عضلي يمر خلاله الغذاء إلى المريء Esophagus، يعمل لسان المزمار الموجود أعلى الحنجرة على تنظيم دخول الهواء في القصبة الهوائية، والطعام في المريء؛ إذ يُغلِق لسان المزمار القصبة الهوائية سريعًا في أثناء عملية البلع؛ ما يمنع دخول الطعام في القصبة الهوائية، ثم يعود لسان المزمار إلى وضعه الطبيعي عند التنفُّس.

الربط بالصحة

علاقة صحة الفم بحماية القلب

يُمكِن للبكتيريا المُسبِّبة لالتهابات اللثة والأسنان أنْ تنتقل إلى مجرى الدم، وتلتصق بصمامات القلب؛ ما قد يُسبِّب التهاب البطانة الداخلية للقلب وصماماته، علمًا بأنَّ الأشخاص الذين خضعوا لزراعة الصمامات الصناعية، أو زراعة القلب، هم أكثر عرضة للإصابة بهذه الالتهابات.



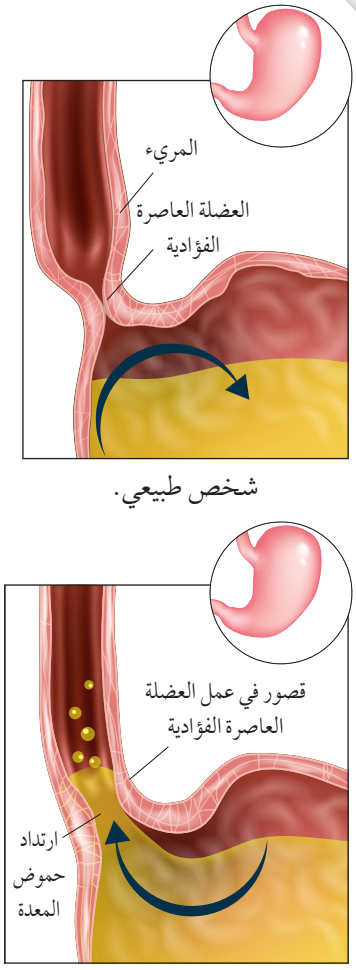
الشكل (3): الحركة الدودية في المريء.

يدفع المريء الطعام إلى المعدة بفعل **الحركة الدودية** **Peristalsis**؛ وهي موجة من الانقباضات المتتالية للعضلات الملساء في جدار المريء، التي تستمر على طول القناة الهضمية.

تُوفِّر الحركة الدودية القوة اللازمة لدفع الطعام نحو المعدة، أنظر الشكل (3). وبعد أنْ يصل الطعام إلى المعدة تُغلَق **العضلة العاصرة الفؤادية** **Cardiac Sphincter Muscle**؛ وهي عضلة على شكل حلقة تتحكَّم في انتقال الطعام من المريء إلى المعدة، وتمنع ارتداده.

وإذا حدث خلل في عمل العضلة العاصرة الفؤادية، فإنَّ الشخص قد يعاني حالةً تُسمّى الارتداد المريئي؛ فيشعر بحرقة شديدة، أنظر الشكل (4).

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح المقصود بالحركة الدودية.



شخص طبيعي.

شخص يعاني ارتدادًا مريئيًّا.

الشكل (4): الارتداد المريئي.

نسخة قيد الإعداد

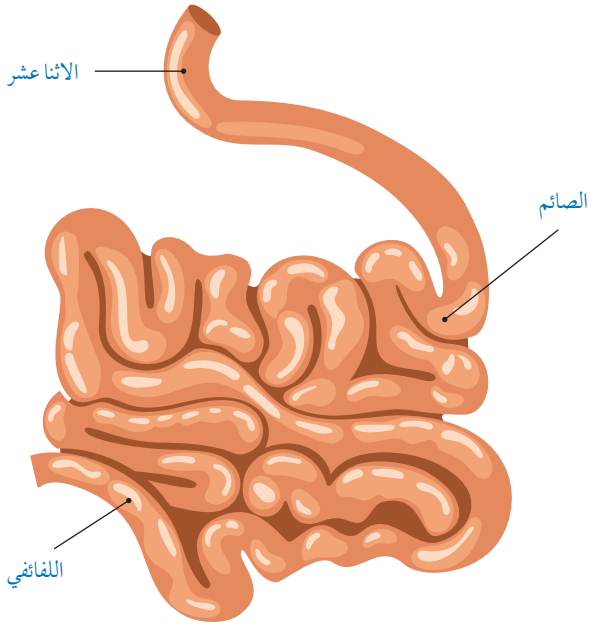
الهضم في المعدة Digestion in Stomach

يحدث مزيد من تقطيع الطعام والمزج بالعصارة الهاضمة نتيجة الانقباضات المتتالية للعضلات الملساء في جدار المعدة؛ إذ تحتوي الطبقة المُبطِّنة للمعدة على ملايين الغُدد الصغيرة، التي يُفرِز بعضها إنزيم الببسين الذي يعمل على هضم البروتينات، ويُفرِز بعضها الآخر حمض الهيدركلوريك HCl الذي يُوفِّر الرقم الهيدروجيني الأمثل لنشاط إنزيم الببسين (pH = 1.5–2)، ويُسهِم في قتل الجراثيم التي تدخل مع الطعام، وتُفرِز غُدد أُخرى مادة مخاطية تُبطِّن جدار المعدة؛ لمنع تأثير العصارة الهاضمة في المعدة.

في أثناء استمرار عملية الهضم في المعدة يتكوَّن تدريجيًّا سائل كثيف القوام يُسمّى **الكيموس Chyme**. وبعد مدَّة تتراوح بين ساعة وخمس ساعات يتحرَّك الكيموس نحو الأمعاء الدقيقة، فيفتح **الصمام البوابي Pyloric Valve** الذي يقع بين المعدة والأمعاء الدقيقة، ويبدأ الكيموس بالتدفُّق إليها.

الهضم في الأمعاء الدقيقة Digestion in Small Intestine

تتألَّف الأمعاء الدقيقة Small Intestine من ثلاثة أجزاء، هي: الاثنا عشر، والصائم، واللفائفي، أنظر الشكل (5).



الشكل (5): أجزاء الأمعاء الدقيقة.

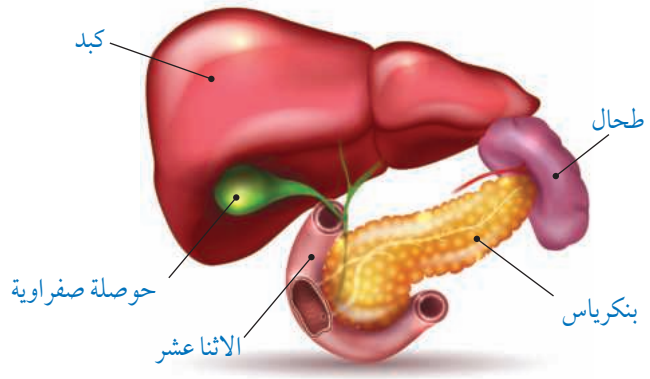
أفكّر لماذا يُعطى المريض/ المريضة هرمون الإنسولين (يتكوَّن من بروتين) في صورة حُقَن لا أقراص؟

الربطُ بالصحّةِ

تعيش في أمعاء الإنسان أنواع متعددة من البكتيريا، منها الضارة، ومنها النافعة التي تُعرَف ببروبايوتكس (Probiotics)، مثل: العصيات اللبنية *Lactobacillus*، وبكتيريا البفيدو *Bifidobacterium*. يُعدّ وجود البكتيريا المفيدة (النافعة) بالنسب الطبيعية جيدة لصحة الجسم، إذ تساعد في عملية التأكسد الغذائي، ومن ثمّ تسهم في حرق الدهون في الدم وإنقاص الوزن، وتعزّز جهاز المناعة عن طريق زيادة عدد الخلايا المناعية، وتقي من خطر الإصابة بسرطان القولون والمستقيم.

أنظم المعلومات التي تعلمتها عن عملية الهضم، ثم أُعدّ عرضًا تقديميًا عنها مدعمًا بالصور من شبكة الإنترنت، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أتحقَّق: ما أهمية المادة المخاطية في المعدة؟



الشكل (6): الكبد، والبنكرياس، والحوصلة الصفراوية؛ كلها تصب إفرازاتها في الاثني عشر.

ما دور هذه الإفرازات في عملية الهضم؟

تعتمد عملية الهضم في الأمعاء الدقيقة على إفراز إنزيمات هاضمة من بطانة الأمعاء الدقيقة لهضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون، وعلى إفرازات كلٍّ من الكبد، والبنكرياس، والحوصلة الصفراوية (المرارة). تحدث في الأمعاء الدقيقة معظم عمليات هضم الطعام وامتصاصه، ويستقبل الاثنا عشر؛ وهو أول جزء من الأمعاء الدقيقة، الكيموس من المعدة، إضافةً إلى العصارات الهاضمة من البنكرياس، والكبد، والحوصلة الصفراوية.

الغدد الملحقة بالجهاز الهضمي
Glands Associated with the Digestive System

إضافة إلى الغدد اللعابية التي درستُها سابقًا، يُعدّ البنكرياس والكبد والحوصلة الصفراوية غددًا ملحقة بالجهاز الهضمي، أنظر الشكل (6).

البنكرياس Pancreas

غُدَّة تُفرِز إنزيمات تستكمل هضم الكربوهيدرات، مثل: الأميليز البنكرياسي. وهي تُفرِز أيضًا إنزيمات تستكمل هضم البروتينات، مثل: إنزيم التربسين، وإنزيم اللايبيز الذي يعمل على هضم الدهون. وكذلك تُفرِز بيكربونات الصوديوم القاعدية التي تعمل على معادلة حموضة الكيموس.

الكبد والحوصلة الصفراوية Liver and Gallblader

الكبد من أكبر أعضاء الجسم، وله وظائف عديدة، منها: إزالة السموم التي تدخل مع الغذاء والعقاقير والأدوية قبل توزيعها على خلايا الجسم، وإنتاج العصارة الصفراوية التي تُخزَّن في الحوصلة الصفراوية إلى حين وصول طعام دهني إلى الأمعاء الدقيقة.

الرّبط بعلم التشريح

ينقسم الكبد إلى جزأين رئيسين، هما: الأيمن، والأيسر، ويفصل بينهما نسيج ليفي يُعرف بالرباط المنجلي. يقوم الكبد بالعديد من الوظائف، منها تنظيم مستوى الكولسترول، وإنتاج العصارة الصفراوية التي تساعد في هضم الدهون، وتخزين الفيتامينات والمعادن، وتنقية الدم من السموم، وإنتاج عوامل التخثر، ويحوّل الأمونيا الناتجة عن تكسير البروتينات إلى يوريا (يتم التخلص منها عبر الكلى).

الشكل (7): استحلاب الدهون.

عند تدفُّق العصارة الصفراوية إلى الاثني عشر، فإنَّها تُفتِّت الدهون إلى قطرات صغيرة، في ما يُعرَف **باستحلاب الدهون Fat Emulsification**؛ ما يزيد من مساحة سطح عمل إنزيم اللايبيز الذي يعمل على هضم الدهون في الأمعاء الدقيقة، أنظر الشكل (7).

أتحقَّق: أُوضِّح أهمية كلٍّ ممّا يأتي في عملية الهضم بالأمعاء الدقيقة:

أ . العصارة الصفراوية.

ب. الإنزيمات المُفرَزة من البنكرياس.

نشاط

محاكاة استحلاب الدهون

المواد والأدوات: أنبوبا اختبار، 10 mL من الماء، 2 mL من زيت الزيتون، 3 mL من سائل غسيل الصحون.

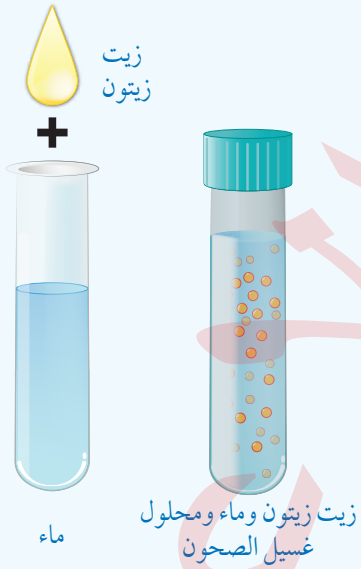
إرشادات السلامة:

الحذر من انسكاب الزيت على الملابس، أو على الأرض.

ملحوظة: سائل غسيل الصحون مادة صابونية لها تأثير يُشبِه تأثير العصارة الصفراوية.

خطوات العمل:

1. **أُجرِّب:** أضع 5 mL من الماء، و 4 قطرات من الزيت في كلا الأنبوبين.
2. أُضيف 3 mL من سائل غسيل الصحون إلى أحد الأنبوبين.
3. أرجُّ محتويات كل أنبوب جيدًا، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.
4. **ألاحِظ** مظهر (شكل) المحتويات السائلة في كلٍّ من الأنبوبين.



التحليل والاستنتاج:

1. **أُقارِن** بين شكل المحتويات السائلة في الأنبوبين.
2. **أستنتج** وجه التشابه بين تأثير سائل غسيل الصحون في الدهون، وتأثير العصارة الصفراوية فيها كما درستها.
3. **أتواصل:** أُناقِش زملائي/ زميلاتي في النتائج التي توصّلت إليها.

الامتصاص والإخراج Absorption and Defecation

بعد استكمال هضم الطعام تحدث عملية امتصاص المواد المغذية والماء؛ إذ ينتقل معظمها من جدران الأمعاء الدقيقة إلى الدم، ومنه إلى الخلايا في مختلف أنحاء الجسم. يُمتَصّ حوالي 80% من المواد المهضومة في الأمعاء الدقيقة، وهذا يشمل الماء الموجود في الطعام والشراب، بالإضافة إلى الماء الذي يُفرَز أثناء مرور الغذاء من الفم إلى الأمعاء الدقيقة. يصل ما يُمتَصّ من الماء كل يوم إلى حوالي (5–10 L) تقريبًا، أمّا الكميات المتبقية من الماء والتي تُقدَّر بحوالي (0.3–0.5 L) فتُمتَصّ عبر الأمعاء الغليظة.

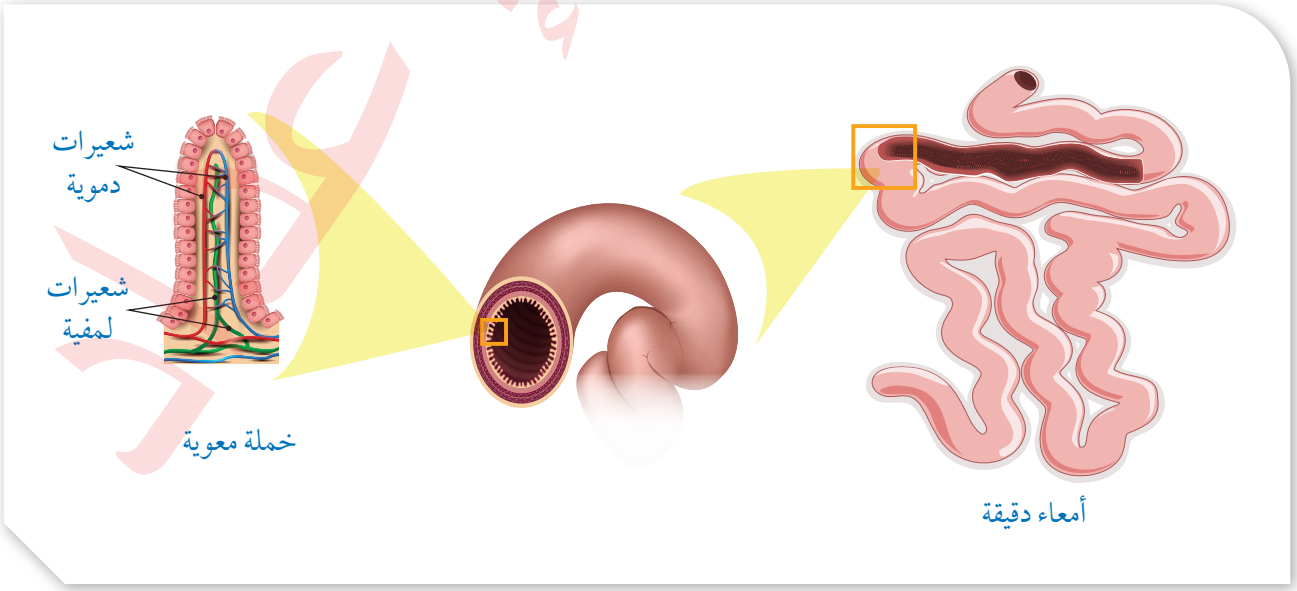
امتصاص الغذاء في الأمعاء الدقيقة
Absorption in Small Intestine

يتلاءم تركيب جدران الأمعاء مع وظيفة الامتصاص؛ إذ تتكوَّن بطانة الأمعاء الدقيقة من انثناءات إصبعية الشكل تُسمّى الخملات المعوية Villi؛ ما يزيد من مساحة سطح الامتصاص في الأمعاء الدقيقة، وتحاط كل خملة بشبكات كثيرة من الشعيرات الدموية Capillaries والشعيرات اللمفية Lymphatic Capillaries. تعمل التراكيب السابقة مجتمعة على زيادة كمية المواد التي يمتصها الجسم، ونقلها إلى الدم، ثم إلى جميع الخلايا للاستفادة منها، أنظر الشكل (8).

الربط بعلم الأمراض

تظهر بعض الأعراض على بعض الأشخاص الذين يعانون مشكلات صحية مرتبطة بانسداد الحوصلة الصفراوية أو قناتها، مثل: اصفرار لون الجلد (اليرقان) نتيجة إعادة طرح مخلفات البيليروبين في الدم مُسبِّبة الألم في البطن، والتعرّق الليلي، والحمى، وفقدان الوزن بسبب فقدان الشهية. يُنصَح الأشخاص المصابون بهذه المشكلة الصحية بمراجعة الطبيب لاتخاذ الإجراءات اللازمة، وكذلك اتباع بعض النصائح الغذائية، مثل: تناول الأطعمة الخالية من الدهون أو قليلة الدهون، وزيادة كمية الألياف الغذائية في النظام الغذائي، وتناول وجبات صغيرة ومتكررة على مدار اليوم بدلًا من الوجبات الكبيرة.

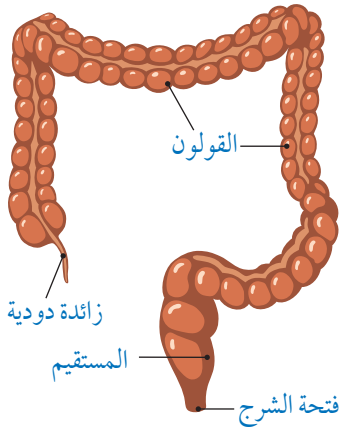
الشكل (8): التركيب الداخلي لجدران الأمعاء الدقيقة.



الامتصاص والإخراج في الأمعاء الغليظة

Absorption and Defecation in Large Intestine

تتكـوَّن الأمعاء الغليظـة Large Intestine من الزائدة الدوديـة، والقولون، والمسـتقيم، وتنتهـي بفتحـة الشـرج، أنظر الشـكل (9). تعمل الحركـة الدودية الناتجـة مـن انقباضـات العضـلات الملسـاء فـي جـدار الأمعـاء الدقيقـة علـى دفـع بقايـا الطعام غيـر المهضوم إلـى القولـون، فيُمتَص الماء وبعـض الأملاح المعدنيـة والفيتامينـات، ثـم تُطـرَح الفضلات الصُّلْبـة التي تصل المسـتقيم عن طريق فتحة الشـرج.



الشكل (9): أجزاء الأمعاء الغليظة.

أتحقَّق: أُقارِن بين الأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة من حيث المواد التي تُمتَص في كلٍّ منها.

بعض مشكلات الجهاز الهضمي

Some of Digestive System Disorders

سرطان القولون Colorectal Cancer

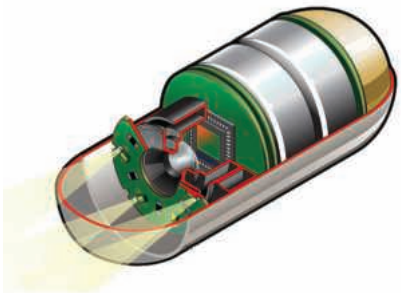
هو نموّ غير طبيعي للخلايا في القولون، ويعود سببه إلى مجموعة من العوامل الوراثية، أو البيئية مثل إضافة المضافات الغذائية والمنكّهات والملوّنات والمواد الحافظة إلى الأطعمة. يؤدّي هذا المرض إلى فقدان الوزن، وألم في البطن، وخروج الدم مع البراز. ويمكن تقليل خطر الإصابة به عن طريق الكشف المُبكّر، والإقلاع عن التدخين، واتباع نظام غذائي صحي. ويعالَج هذا المرض بالجراحة، وتشمل استئصال الجزء المصاب من القولون، واستخدام العلاج الكيميائي أو الإشعاعي.

قرحة المعدة Gastric ulcer

هي قرحة تصيب بطانة المعدة، حيث تتضرر الطبقة المخاطية التي تحمي جدار المعدة من حمض الهيدروكلوريك. تتسبب في الإصابة بها بعض البكتيريا أو الاستخدام غير المنتظم للأدوية مثل مضادات الالتهاب. تشمل الأعراض ألمًا شديدًا في المعدة، والغثيان، وحرقة في المعدة. يعتمد علاجها على المضادات الحيوية ومضادات الحموضة، ومن طرق الوقاية منها: تجنّب التدخين، وتفادي تناول الأطعمة السريعة التحضير.

الربط بالصحة

كاميرات التنظير الدقيقة



التنظير الكبسولي Microendoscopy عملية تُستخدَم فيها كاميرا تنظير لاسلكية دقيقة، تساعد الأطباء على رؤية داخل الأمعاء الدقيقة التي لا يُمكِن الوصول إليها بسهولة باتِّباع إجراءات التنظير التقليدية. وفيها توضَع الكاميرا داخل كبسولة يبتلعها المريض/ المريضة. وفي أثناء انتقال الكبسولة خلال القناة الهضمية، تلتقط الكاميرا آلاف الصور التي تُرسَل إلى جهاز تسجيل يرتديه المريض/ المريضة على حزامٍ حول الخصر.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ممّ يتكوّن الجهاز الهضمي؟
2. أَصِف دور كلٍّ ممّا يأتي في عملية الهضم بالمعدة:
   - حمض الهيدروكلوريك.
   - العضلات الملساء في جدار المعدة.
3. **أُقارِن** بين إنزيم الأميليز وإنزيم الببسين، وأبيّن أوجه التشابه والاختلاف في عمل كلٍّ منهما.
4. أُوضِّح دور كلٍّ من أعضاء الجهاز الهضمي الآتية:
   - الكبد.
   - المريء.
   - الأمعاء الغليظة.
5. **أُفسِّر** ما يأتي:
   - ينصح الأطباء/ الطبيبات الأشخاص الذين يستأصلون الحوصلة الصفراوية بالإقلال من تناول الدهون.
   - يتلاءم تركيب الأمعاء الدقيقة مع وظيفة الامتصاص.
6. أُوضِّح المقصود بكلٍّ من: الكيموس، وعملية استحلاب الدهون.
7. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:**
   1. جميع الغدد الآتية تُعدّ من مُلحَقات الجهاز الهضمي **ما عدا:**

      أ . الغُدد اللعابية.　　ب. الكبد.

      جـ. الحوصلة الصفراوية.　　د . الغدة الكظرية.

2. المادة التي تحوّل النشا إلى سكّريات بسيطة التركيب، هي:

أ . العصارة الصفراوية.
ب. إنزيم ألفا أميليز.
جـ. إنزيم اللايبيز.
د . إنزيم التربسين.

3. جميع المواد الآتية إفرازات يستقبلها الاثنا عشر **ما عدا**:

أ . الأملاح المعدنية.
ب. العصارات الهاضمة من البنكرياس.
جـ. العصارات الهاضمة من الكبد.
د . العصارات الهاضمة من الحوصلة الصفراوية.

4. من المواد التي تُمتَصّ في الأمعاء الغليظة:

أ . البروتينات.
ب. مستحلب الدهون.
جـ. الماء.
د . السكريات المتعددة.

5. تُفرَز العصارة الصفراوية التي تُخزَّن في الحوصلة الصفراوية عند:

أ . وصول طعام دهني إلى الأمعاء الدقيقة.
ب. وصول طعام بروتيني إلى الأمعاء الدقيقة.
جـ. وصول طعام دهني إلى الأمعاء الغليظة.
د . إفراز بيكربونات الصوديوم.

6. تعاني ولاء آلامًا حادّة في البطن وفقدان وزن غير مبرر، إلى جانب وجود دم في البراز، فإن التشخيص المحتمل لحالتها هو:

أ . قرحة المعدة.
ب. سرطان القولون.
جـ. التهاب الزائدة الدودية.
د . تليُّف الكبد.

نسخة غير للتداول

الدرس 2 جهاز الدوران: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته

The Circulatory System: Structure and Function and some of its Problems

الفكرة الرئيسة:

يتكوَّن جهاز الدوران من القلب والدم والأوعية الدموية، ويعمل على نقل المواد اللازمة إلى الخلايا، وتخليصها من الفضلات والمواد الأُخرى الزائدة على حاجة الجسم.

نتاجات التعلُّم:

- أُحدِّد تركيب أجزاء جهاز الدوران، ووظيفة كل جزء منها.
- أَصِف آلية عمل القلب.
- أُوضِّح آلية نقل المواد في الجسم.
- أتتبَّع آلية تجلُّط الدم في حالة الجروح.
- أصف بعض مشكلات جهاز الدوران.

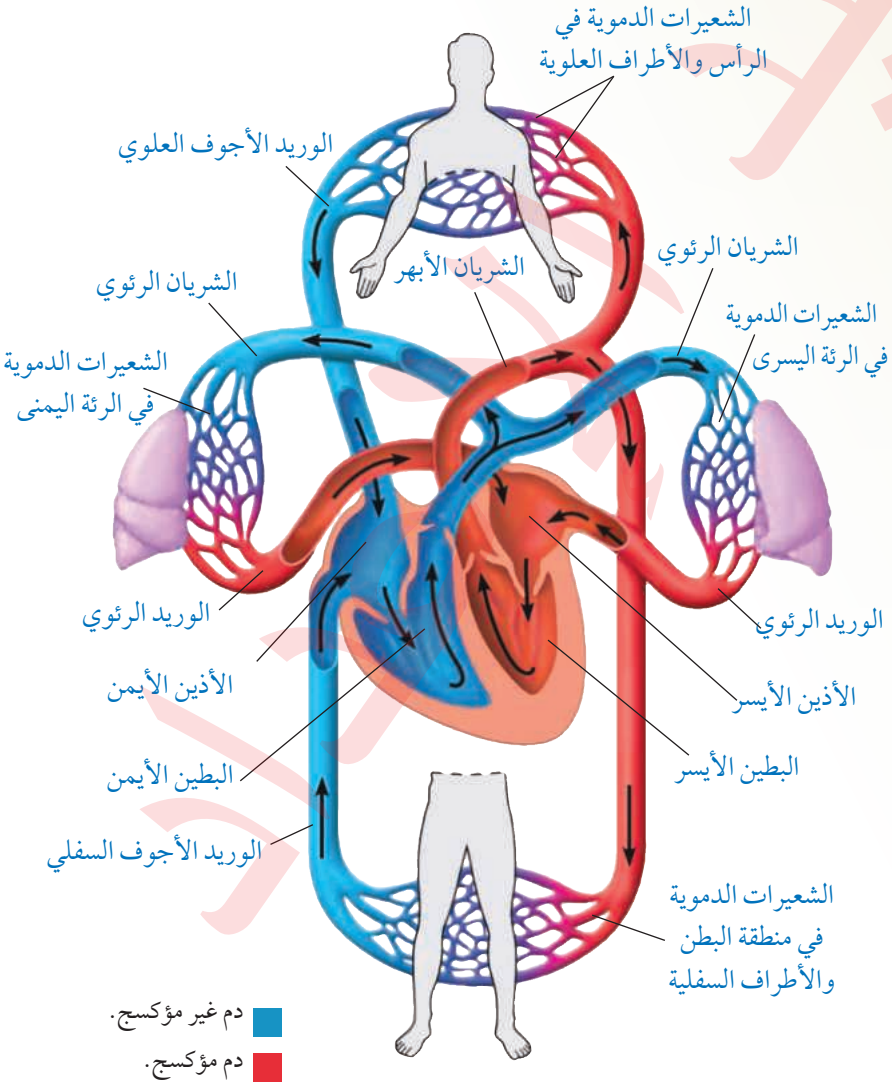
المفاهيم والمصطلحات:

الصفائح الدموية	Platelets
البلازما	Plasma

جهاز الدوران The Circulatory System

يتكوَّن جهاز الدوران في الإنسان من الأوعية الدموية والدم والقلب، ويوصف بأنَّه مُغلَق؛ لوجود الدم داخل الأوعية الدموية. ينتقل الدم في الجسم مُكوِّنًا دورتين، هما: الدورة الدموية الجهازية، والدورة الدموية الرئوية، أنظر الشكل (10).

ينقل جهاز الدوران الأكسجين والمواد الغذائية ومواد أُخرى ضرورية (مثل الهرمونات) إلى الخلايا، ويُخلِّصها من ثاني أكسيد الكربون والفضلات النيتروجينية.

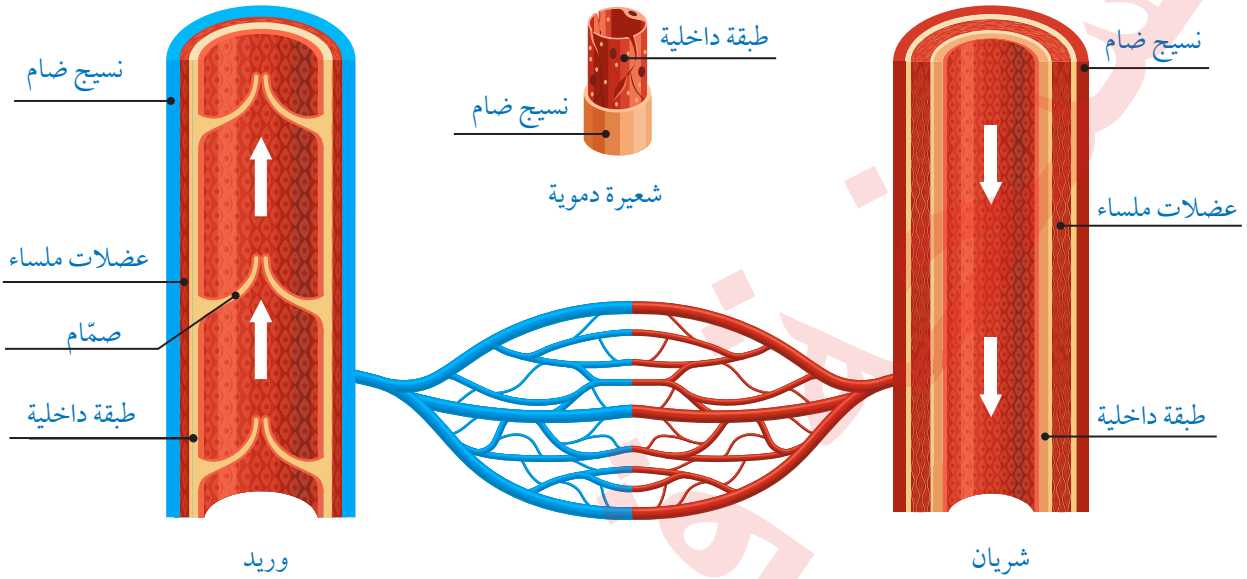


الشكل (10): تركيب جهاز الدوران، والدورتين الدمويتين: الجهازية والرئوية.

أتحقَّق: لماذا يوصف جهاز الدوران في الإنسان بأنه مغلق؟

الشكل (11):أنواع الأوعية الدموية.

أقارن تركيب كل من: الشريان، والوريد.



تركيب الأوعية الدموية ووظيفتها

The Structure and Function of Blood Vessels

تُصنَّف الأوعية الدموية بحسب وظيفتها إلى ثلاث مجموعات، هي: الشرايين، والأوردة، والشعيرات الدموية، أنظر الشكل (11).

الشرايين Arteries

تنقل الشرايين الدم بعيدًا عن القلب، وتُعَدُّ جدرانها أكثر سُمْكًا وقوةً من بقية الأوعية الدموية؛ ما يجعلها تتحمَّل ضغط الدم المرتفع داخلها.

تتألَّف الجدران السميكة للشرايين من ثلاث طبقات، هي:

- الطبقة الداخلية التي تتكوَّن من خلايا طلائية.
- الطبقة الوسطى التي تحتوي على ألياف مرنة، وعضلات ملساء، وألياف كولاجين.
- الطبقة الخارجية التي تتكوَّن من نسيج ضام يحتوي على ألياف مرنة، وألياف كولاجين.

يمنح هذا التركيب الشرايين القوة والمرونة معًا؛ إذ تمنح ألياف الكولاجين جدار الشريان القوة، وتسمح الألياف المرنة بتوسُّع الشريان. تحتوي جدران الشرايين أيضًا على عضلات ملساء يسهم انقباضها وانبساطها في جعل قُطْر تجويف الوعاء الدموي قابلًا للتمدُّد والتقلُّص.

تتفرَّع الشرايين بعيدًا عن القلب إلى أوعية أصغر تُسمّى الشُّريِّنات، وفيها ينخفض ضغط الدم. وتحوي الشرايين البعيدة عن القلب أليافًا مرنة أقل من تلك القريبة إليه.

أفكّر

ماذا يُقصَد بضغط الدم؟

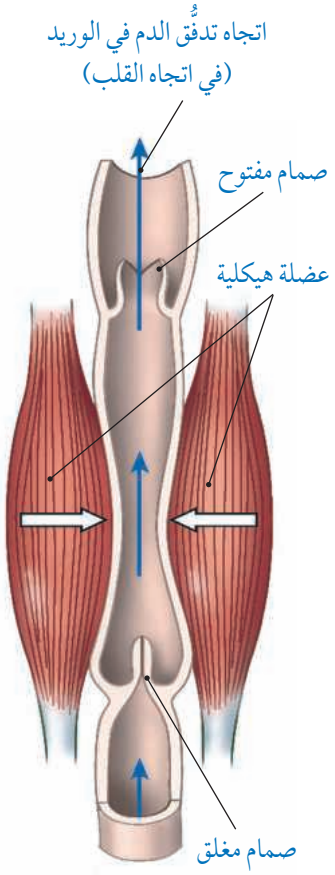
ما ضغط الدم الطبيعي للشخص السليم؟

الأوردة Veins

تنقل الأوردة الدم من أعضاء الجسم بضغط منخفض، فيعود الدم إلى القلب، وهو يتدفَّق في الأوردة على نحوٍ أبطأ منه في الشرايين. للأوردة جدران أقل سُمْكًا من جدران الشرايين، وهي تحوي أليافًا مرنة أقل، وعضلات ملساء أقل، وتتألَّف من ثلاث طبقات، هي: الطبقة الداخلية، والطبقة الوسطى، والطبقة الخارجية، علمًا أنَّ سُمْك الطبقة الوسطى في الأوردة أقل منها في الشرايين، وأنَّ تجويف الوريد أكبر من تجويف الشريان الذي له الحجم نفسه.

نظرًا إلى انخفاض ضغط الدم في الأوردة؛ فإنَّه يصعب الحفاظ على تدفُّق الدم في الاتجاه الصحيح، أنظر الشكل (12). غير أنَّه توجد أربعة عوامل تُسهِم في الحفاظ على تدفُّق الدم في الأوردة في الاتجاه الصحيح، وهي:

- ضغط الدم القادم من شبكات الشعيرات الدموية.
- وجود صمامات Valves في الأوردة.
- انقباض عضلات الساقين عند الحركة.
- انخفاض ضغط الدم في الأذينين؛ إذ يدخل الدم في القلب في أثناء انبساط الأذينين.



الشكل (12): تدفُّق الدم في الأوردة.

أُوضِّح المقصود بالصمام.

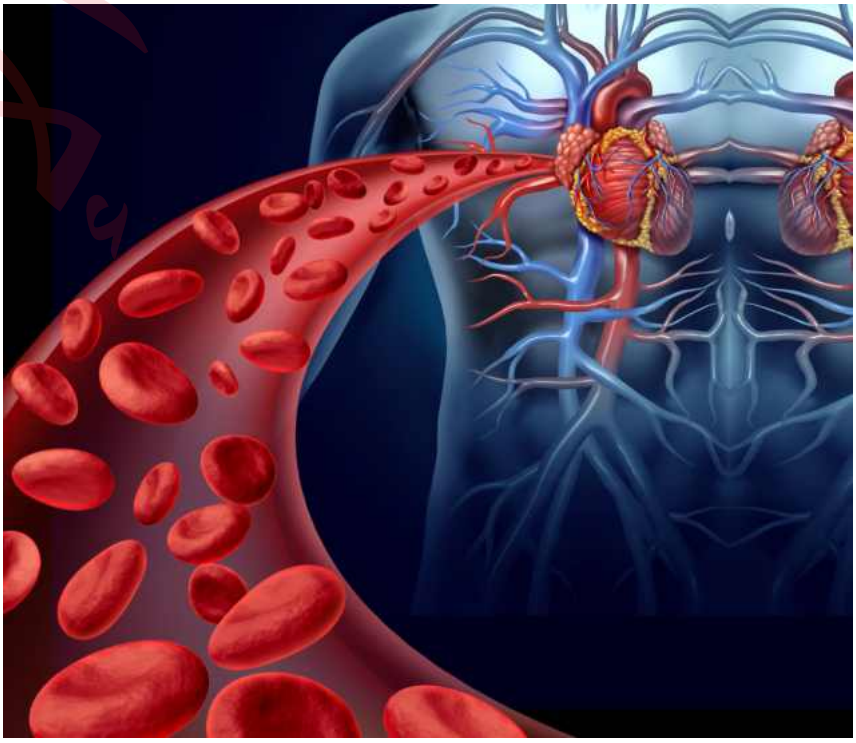
الشعيرات الدموية Capillaries

الشعيرات الدموية أصغر الأوعية الدموية في الجسم، ووظيفتها الرئيسة الربط بين الشرايين والأوردة، وهي تكون على شكل شبكات تعمل على تبادل الغازات (مثل: الأكسجين، وثاني أكسيد الكربون) والمواد الغذائية (مثل: الغلوكوز) والفضلات بين الدم وخلايا الجسم المختلفة.

تتكوَّن الشعيرات الدموية من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية، ويبلغ سُمْك جدار الشعيرة الدموية سُمْك خلية واحدة فقط، ويتراوح قُطْر الشعيرات الدموية بين µm (8-10)؛ أي ما يكفي لمرور خلايا الدم الحمراء بها.

يتدفَّق الدم ببطء شديد في الشعيرات الدموية، ويحدث تبادل للمواد عن طريق جدران الشعيرات الدموية.

أتحقَّق: أُوضِّح التلاؤم بين تركيب أنواع الأوعية الدموية المختلفة ووظيفة كل منها.



أنظم المعلومات التي تعلمتها عن تركيب الأوعية الدموية ووظائفها، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

تركيب الدم ووظيفته

The Structure and Function of Blood

يتكوَّن الدم من جزء سائل هو البلازما، وآخر من خلايا لكلٍّ منها وظيفة مُحدَّدة. يحوي جسم الإنسان البالغ السليم ما بين L (5–4) من الدم تقريبًا، أنظر الشكل (13).

الشكل (13): مُكوِّنات الدم ونسبها التقريبية في إنسان طبيعي.

أفكّر أحسُب باللترات حجم خلايا الدم الحمراء من حجم الدم الكلي في جسم الإنسان.

مُكوِّنات الدم الخلوية Cellular Components of Blood

يحتوي الدم على مُكوِّنات خلوية تُمثِّل ما نسبته نحو 45% من الحجم الكلي للدم، وتشمل ما يأتي:

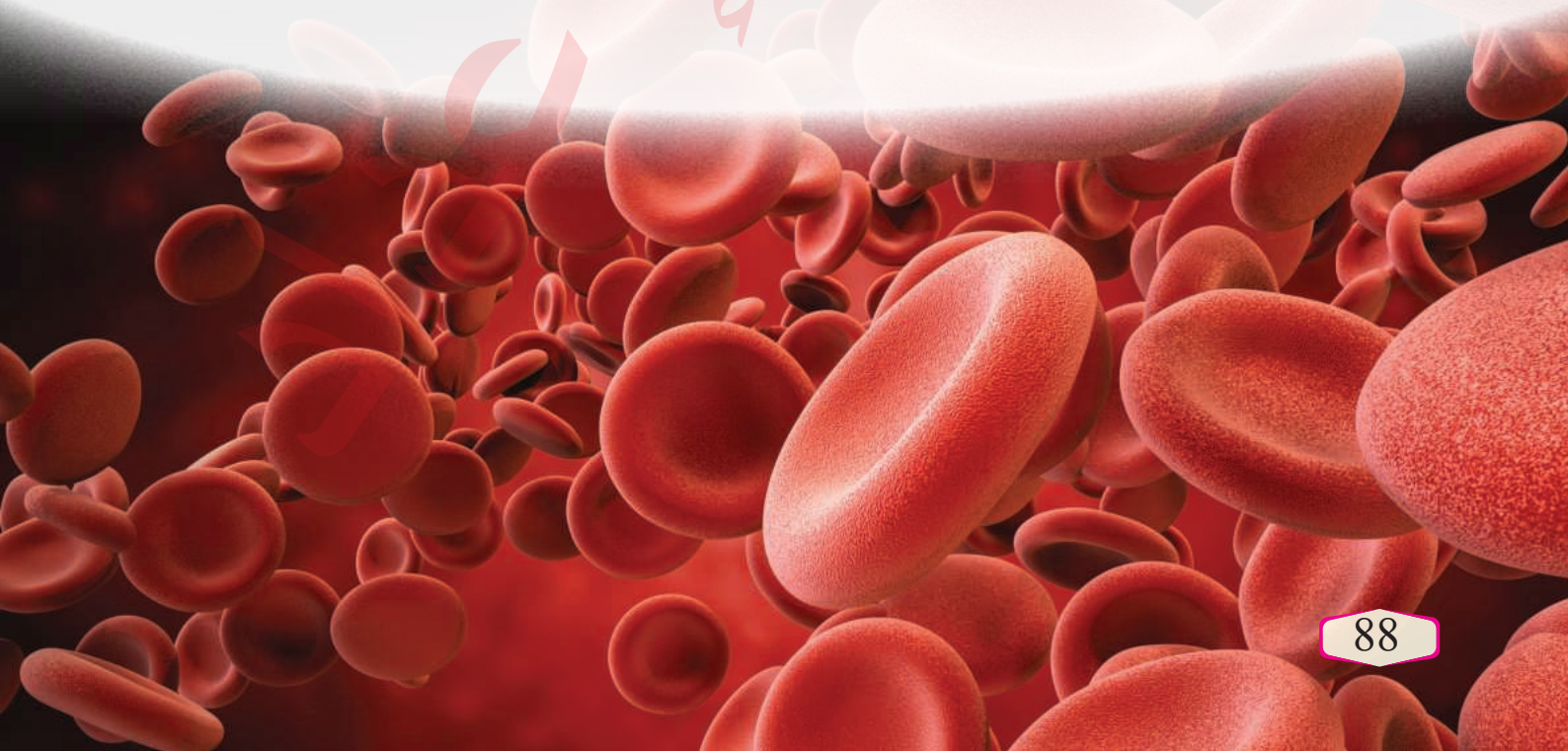
خلايا الدم الحمراء Red Blood Cells

يتلاءم شكل خلايا الدم الحمراء مع وظيفتها؛ فشكلها قرصي ثنائي التجويف؛ ما يؤدي إلى زيادة مساحة السطح نسبةً إلى حجمها، فتزداد كفاءتها في نقل الأكسجين، وهي صغيرة الحجم؛ إذ يبلغ قُطْرها نحو 7μm، أنظر الشكل (14)، وهي تتكوَّن في نخاع العظم، وعمرها قصير نسبيًّا؛ إذ يبلغ نحو 120 يومًا، لتتحطَّم بعد ذلك بوساطة الطحال.

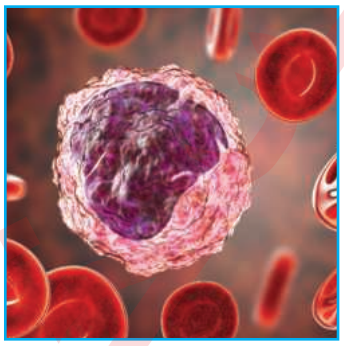
لا تحتوي خلية الدم الحمراء على نواة، أو ميتوكندريا، أو شبكة إندوبلازمية؛ ما يمنح جزيئات الهيموغلوبين مساحة أكبر.

الشكل (14): خلايا الدم الحمراء.

أَصِف شكل خلايا الدم الحمراء.



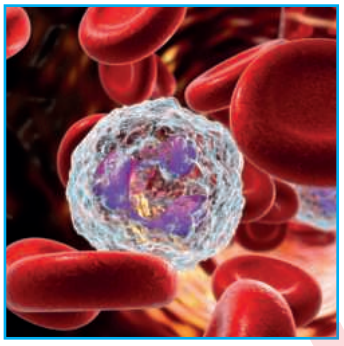
وحيدات النوى
Monocytes



أكبر أنواع خلايا الدم البيضاء، وهي تُصنَّف على أساس أنَّها خلايا غير محببة، ونواتها كبيرة، ولها شكل الكُلى.

تُعَدُّ وحيدات النوى خلايا بلعمية توجد في الأنسجة خارج الدم، وتبتلع المواد الغريبة، أو تلك التي يُحتمَل أنْ تكون ضارَّة؛ لذا فهي تحوي العديد من الأجسام الحالَّة، فضلًا عن إشهارها مُولِّدات الضد الغريبة لخلايا الجهاز المناعي الأُخرى.

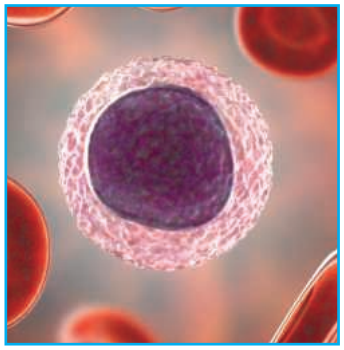
الخلايا المتعادلة
Neutrophils



أكثر أنواع خلايا الدم البيضاء انتشارًا في الدم، وهي تُصنَّف على أساس أنَّها خلايا محببة، ونواتها كبيرة، ومُتعدِّدة الفصوص.

تُعَدُّ الخلايا المتعادلة خلايا بلعمية يُمكِنها دخول الأنسجة، وهي تعمل على تحطيم البكتيريا، لتموت بعد ذلك.

الخلايا اللمفية
Lymphocytes



أكبر قليلًا من خلايا الدم الحمراء، وهي تُشبِه الخلايا وحيدات النوى، غير أنَّ نواة الخلية اللمفية أكثر استدارة من نواة الخلية وحيدة النواة.

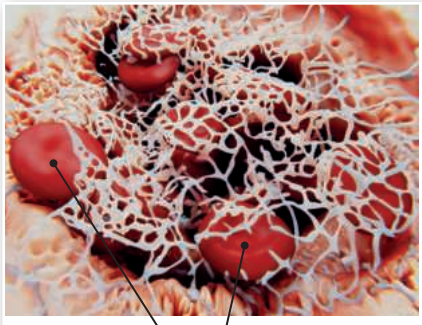
تُصنَّف هذه الخلايا على أنَّها غير محببة، وتُسهِم بدور في المناعة المُتخصِّصة.

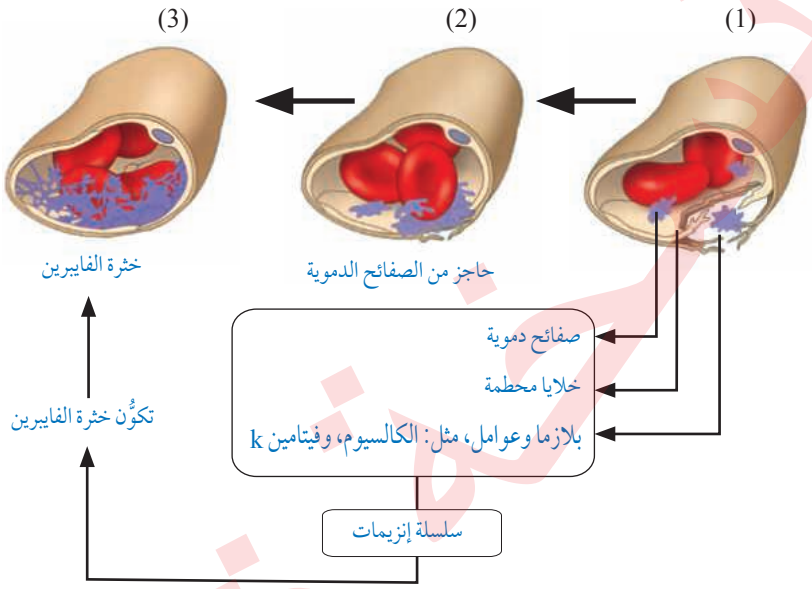
الشكل (15): أنواع من خلايا الدم البيضاء.

خلايا الدم البيضاء White Blood Cells

توجد أنواع عِدَّة من خلايا الدم البيضاء، تُسهِم بفاعلية في تعزيز مناعة الجسم، أنظر الشكل (15).

أفكّر لماذا لا تنقسم خلايا الدم الحمراء انقسامًا خلويًّا؟





الشكل (16): آلية تخثُّر الدم.

أتتبع خطوات عملية تخثُّر الدم.

الصفائح الدموية Platelets

الصفائح الدموية Platelets أجزاء من خلايا كبيرة جدًّا، تنشأ من نخاع العظم، وتفتقر إلى النوى. وهي تمنع فقْد الدم في أثناء إصابة الإنسان بجروح؛ فعند حدوث كشط أو جرح، يتخثَّر الدم بتكوين كتلة من الألياف المتشابكة والخلايا الدموية المختلطة بها؛ بفعل الصفائح الدموية، وبروتينات خاصة بالبلازما، ومواد أُخرى تمنع فقْد الدم، أنظر الشكل (16).

مُكوِّنات الدم السائلة Liquid Components of the Blood

يُسمّى المُكوِّن السائل في الدم **البلازما Plasma**. والبلازما سائل أصفر فاتح اللون، والماء هو مُكوِّنها الرئيس؛ إذ يُمثِّل ما نسبته (90 – 95%) منها.

تحتوي البلازما على مواد ذائبة في الماء، بما نسبته 5% من حجمها، ومن الأمثلة على هذه المواد: الغلوكوز، والحموض الأمينية، والأملاح المعدنية، مثل: أملاح Na^+، وأملاح K^+، وأملاح Cl^-، إضافةً إلى الهرمونات، والأجسام المضادة، ونواتج عمليات الأيض، والبروتينات، وعوامل التخثُّر.

تُوفِّر البلازما وسطًا سائلًا يُمكِّن خلايا الدم المختلفة والصفائح الدموية من التحرُّك إلى أجزاء الجسم المُتعدِّدة.

✓ **أتحقَّق:** ما مكونات البلازما؟

تركيب القلب ووظيفته

Structure and Function of the Heart

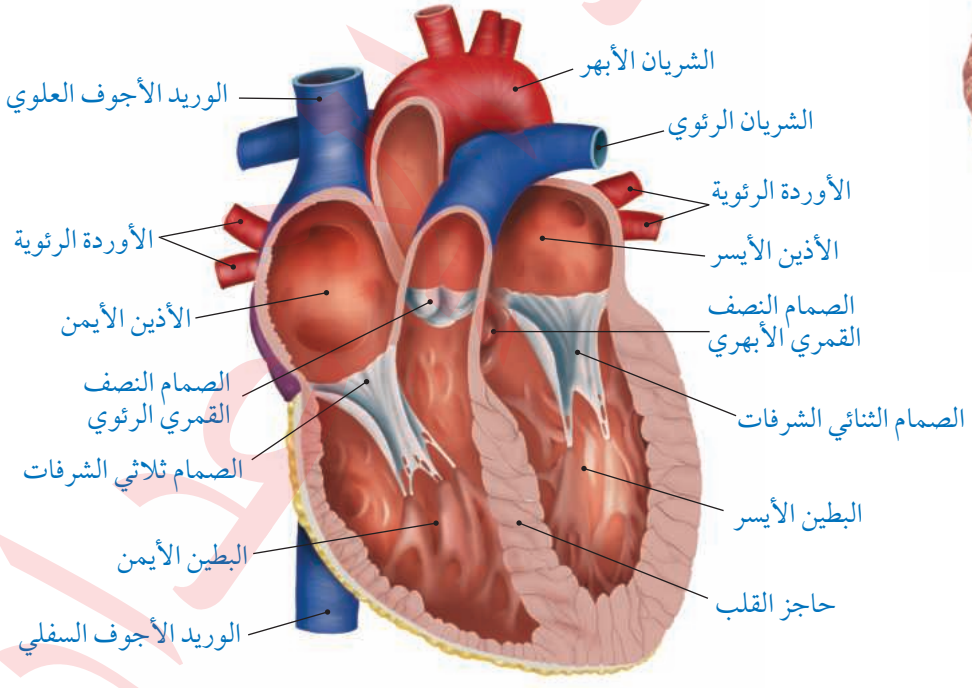
القلب Heart عضو يضخ الدم إلى أعضاء الجسم المختلفة عن طريق الدورة الدموية، وهو يتألَّف من أربع حجرات: الحجرتين العلويتين اللتين تُعرَفان باسم الأذينين Atria، ويصلهما الدم من الأوردة. والحجرتين السفليتين اللتين تُعرَفان باسم البطينين Ventricles، ويصلهما الدم من الأذينين ، ويضخان الدم عن طريق الشرايين.

يَقسم الحاجز Septum القلب عموديًّا إلى جهتين: يُمنى تضخ الدم إلى الرئتين، ويُسرى تضخ الدم إلى أجزاء الجسم الأُخرى، ويمنع الحاجز اختلاط الدم المؤكسج بغير المؤكسج. تفصل الصمامات الأذينين عن البطينين، وتفصل البطينين عن الشرايين المتصلة بهما، أنظر الشكل (17).

أتحقَّق: ما أهمية وجود حاجز يقسم القلب إلى جهتين؟

أفكّر خلل الحاجز البطيني Ventricular septal defect: VSD حالة قلبية يعانيها بعض الأشخاص منذ الولادة، وتتمثَّل في وجود ثقب في الحاجز بين البطين الأيمن والبطين الأيسر. أتوقَّع أثر ذلك في الدورة الدموية.

(أ): التركيب الخارجي للقلب.



(ب): التركيب الداخلي للقلب.

الشكل (17): تركيب القلب.

نشاط

تشريح قلب خروف

المواد والأدوات: قلب خروف، صينية تشريح، مقص، قفّازات، أدوات تشريح، مسطرة.

إرشادات السلامة:

- استعمال أدوات التشريح بحذر.
- غسل اليدين بالماء والصابون، أو استعمال مُعقِّم اليدين قبل إجراء التجربة وبعدها.

خطوات العمل:

1. **أُلاحِظ** شكل القلب، ومظهره، ولونه.
2. أُحدِّد الجانب الأيمن والجانب الأيسر من القلب.
3. أقلب القلب بحيث يكون الجانب الأيمن على يميني كما لو كان في جسمي، ثم أبحث عن الفتحة الكبيرة في الجزء العلوي من القلب بجوار الأذين الأيمن، ثم أضع أداة تشريح مناسبة أسفله ليصل الأذين الأيمن، ثم أُحدِّد موقع الوريد الأجوف العلوي والوريد الرئوي.
4. أُحدِّد موقع الشريان الأبهر، ثم موقع الشريان الرئوي.
5. أُحدِث شقًّا في جدار الأذين الأيمن والبطين الأيمن؛ لفصل أحدهما عن الآخر، ثم أبحث عن ثلاث طبقات من الأغشية التي تُمثِّل الصمام ثلاثي الشرفات بين الأذين الأيمن والبطين الأيمن، ثم أُحدِّد أوتار القلب.
6. أُدخِل أداة تشريح مناسبة في الشريان الرئوي بحيث تمر إلى البطين الأيمن، ثم أُحدِث شقًّا عن طريق هذا الشريان، وأنظر داخله إلى ثلاثة جيوب غشائية صغيرة تُمثِّل الصمام نصف القمري.
7. أُحدِّد موقع البطينين، ثم مقدار سُمْك جدار كلٍّ منهما.
8. أُدخِل أداة التشريح في الشريان الأبهر، مع ملاحظة مكان اتصاله بالبطين الأيسر، ثم أُحدِث شقًّا عن طريق هذا الشريان، وأنظر داخله إلى ثلاثة جيوب غشائية صغيرة تُمثِّل الصمام نصف القمري.

التحليل والاستنتاج:

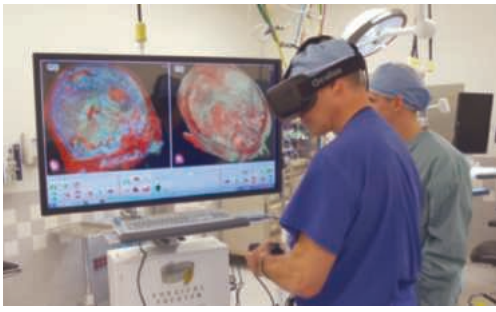
1. أُبيِّن مواقع صمامات القلب، ثم أُوضِّح أهميتها.
2. **أُفسِّر:** يكون جدار البطين الأيسر أكثر سمكًا من جدار البطين الأيمن.
3. ما نوع الدم واتجاه نقله في كلٍّ من الشريان الرئوي، والوريد الرئوي؟

الربط بالتكنولوجيا

الطابعات ثلاثية الأبعاد 3D Printers

تطوَّرت صناعة الطابعات ثلاثية الأبعاد 3D Printers، وتعدَّدت استخداماتها في مجال الرعاية الصحية؛ إذ تتيح هذه التقنية إنتاج نماذج أولية لأدوات طبية جديدة، وصناعة الأطراف الصناعية بحسب الطلب من دون تأخير.

قد يُحدِث استخدام هذا النوع من الطابعات ثورة في عمليات زراعة الأعضاء، مثل: القلب، والكُلى، وإصلاح الأنسجة التالفة، وصناعة بشرة واقعية لضحايا الحروق.



بعض مشكلات جهاز الدوران

Some of Circulatory System Disorders

مرض الشريان التاجي Coronary Artery Disease

يحدث هذا المرض نتيجة تراكم الدهون والكوليسترول في الشرايين التاجية التي تغذّي عضلة القلب، ممّا يؤدي إلى الذبحة الصدرية أو احتشاء عضلة القلب، إذ يؤدي تراكم الدهون إلى تقليل تدفّق الدم إلى عضلة القلب. تشمل أعراض هذا المرض: ألمًا في الصدر، وصعوبة في التنفس، والتعرّق المصحوب بالقشعريرة، والدُّوار. وتتضمن إجراءات العلاج الأدوية والجراحة. وللوقاية من المرض يُنصَح باتباع نظام غذائي صحي، وممارسة التمارين الرياضية بانتظام، والابتعاد عن التدخين.

ضغط الدم المرتفع High Blood Pressure

يعدّ ارتفاع ضغط الدم من الحالات الشائعة التي تؤثر على الشرايين، ويمكن أن يزيد من خطر الإصابة بأمراض القلب والسكتة الدماغية. يُعدّ ضغط الدم مرتفعًا إذا كانت القراءة أعلى من 130/80 mmHg. ومن أسبابه: أورام الغدة الكظرية، ومشكلات في الأوعية الدموية، وأمراض الكلى. تشمل أعراض الإصابة به: الصداع، وضيق النفس، ونزيف الأنف. وللوقاية والعلاج منه يُنصح بممارسة الرياضة، وتناول طعام صحي، والامتناع عن التدخين، وأحيانًا قد يتطلب الأمر تناول أدوية خاصة.

الربط بعلم الفيزياء

ضغط الدم والجاذبية:

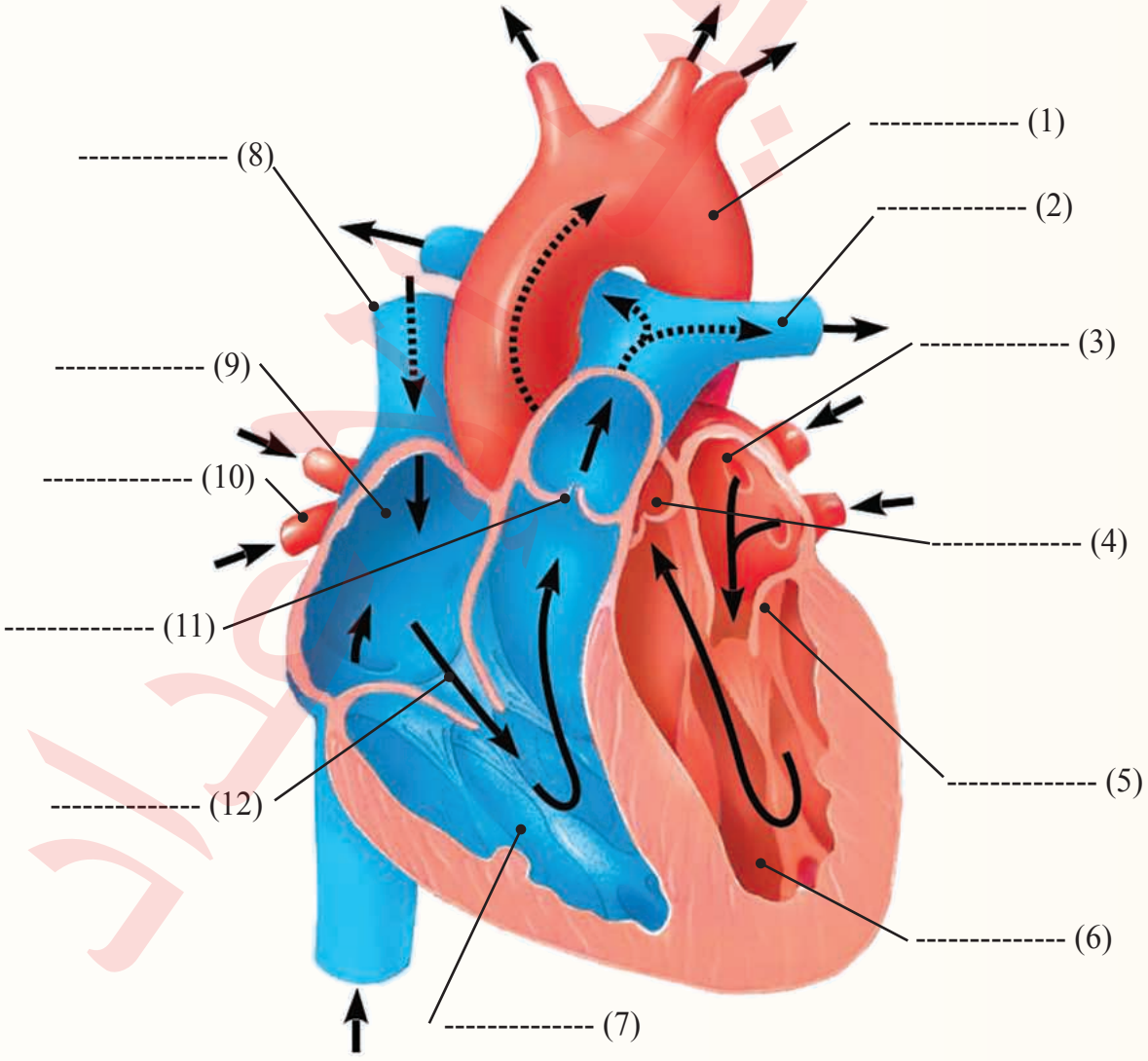
للجاذبية تأثير كبير على ضغط الدم. فعندما أقف، على سبيل المثال، يكون رأسي أعلى من صدري بحوالي 0.35 m ويكون ضغط الدم الشرياني في دماغي أقل بحوالي 27 mmHg من ضغط الدم الشرياني بالقرب من قلبي. هذه العلاقة بين ضغط الدم والجاذبية هي مفتاح لفهم حالة الإغماء. يحدث الإغماء عندما يكتشف الجهاز العصبي أن ضغط الدم في دماغي أقل من المستوى اللازم لتوفير تدفُّق دم كافٍ. يؤدي الإغماء إلى سقوط جسمي على الأرض، مما يضع رأسي فعليًّا في مستوى قلبي، ومن ثمّ يزيد تدفُّق الدم إلى دماغي بسرعة.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ما أهمية جهاز الدوران في جسم الإنسان؟
2. **أُقارِن** بين كلٍّ ممّا يأتي:

   أ . وحيدات النوى والخلايا المتعادلة من حيث الوظيفة.

   ب. الخلايا اللمفية وخلايا الدم الحمراء من حيث الوظيفة.
3. أذكر أمثلة على المواد الذائبة في بلازما الدم.
4. **أفسّر:** لا يستمر نزف الدم من جرح سطحي في إنسان طبيعي مدة طويلة.
5. أذكر اسم كل جزء من أجزاء القلب والأوعية الدموية المُرقَّمة من (1) إلى (12) على الرسم الآتي.



6. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:**

1. جميع العبارات الآتية من خصائص الشرايين **ما عدا:**

أ . تنقل الدم بعيدًا عن القلب.
ب. جُدُرها سميكة ومرنة.
جـ. تتألَّف جُدُرها من ثلاث طبقات.
د . وجود صمامات فيها.

2. الأوعية الدموية التي تكون على شكل شبكات تعمل على تبادل الغازات، هي:

أ . الشرايين.
ب. الشعيرات الدموية.
جـ. الأوردة.
د . الأوعية اللمفية.

3. من الأسباب التي تؤدي إلى زيادة مساحة سطح خلية الدم الحمراء نسبةً إلى حجمها:

أ . تحتوي على جزيئات الهيموغلوبين.
ب. تحتوي على شبكة إندوبلازمية.
جـ. شكلها قرصي ثنائي التجويف.
د . صغر حجمها.

4. أي خلايا الدم الآتية غير مُحبَّبة، ولها دور في المناعة المُتخصِّصة؟

أ . الخلايا اللمفية.
ب. الصفائح الدموية.
جـ. الخلايا المتعادلة.
د . وحيدات النوى.

5. أي الثنائيات الآتية تُعدَّ من الأمثلة على الخلايا التي تفتقر إلى النوى؟

أ . خلايا الدم الحمراء– خلايا الدم البيضاء.
ب. خلايا الدم البيضاء– الصفائح الدموية.
جـ. خلايا الدم الحمراء– الصفائح الدموية.
د . الخلايا الطلائية– الصفائح الدموية.

6. من أسباب مرض الشريان التاجي:

أ . تراكم الدهون والكوليسترول في بعض الشرايين.
ب. أورام الغدة الكظرية.
جـ. العلاج الإشعاعي المستمرّ.
د . أمراض الكلى.

الجهاز التنفُّسي: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته

The Respiratory System: Structure and Function and some of its Problems

الدرس 3

الفكرة الرئيسة:

ينقل الجهاز التنفُّسي الأكسجين من الهواء الجوي إلى دم الإنسان، ويُخلِّص الجسم من ثاني أكسيد الكربون.

نتاجات التعلُّم:

- أُحدِّد تركيب أجزاء الجهاز التنفُّسي، ووظيفة كل جزء منها.
- أشرح عملية تبادل الغازات في الجسم.
- أصف بعض مشكلات الجهاز التنفسي.

المفاهيم والمصطلحات:

الأوكسيهيموغلوبين Oxyhemoglobin

الضغط الجزئي للأكسجين Partial Pressure of Oxygen

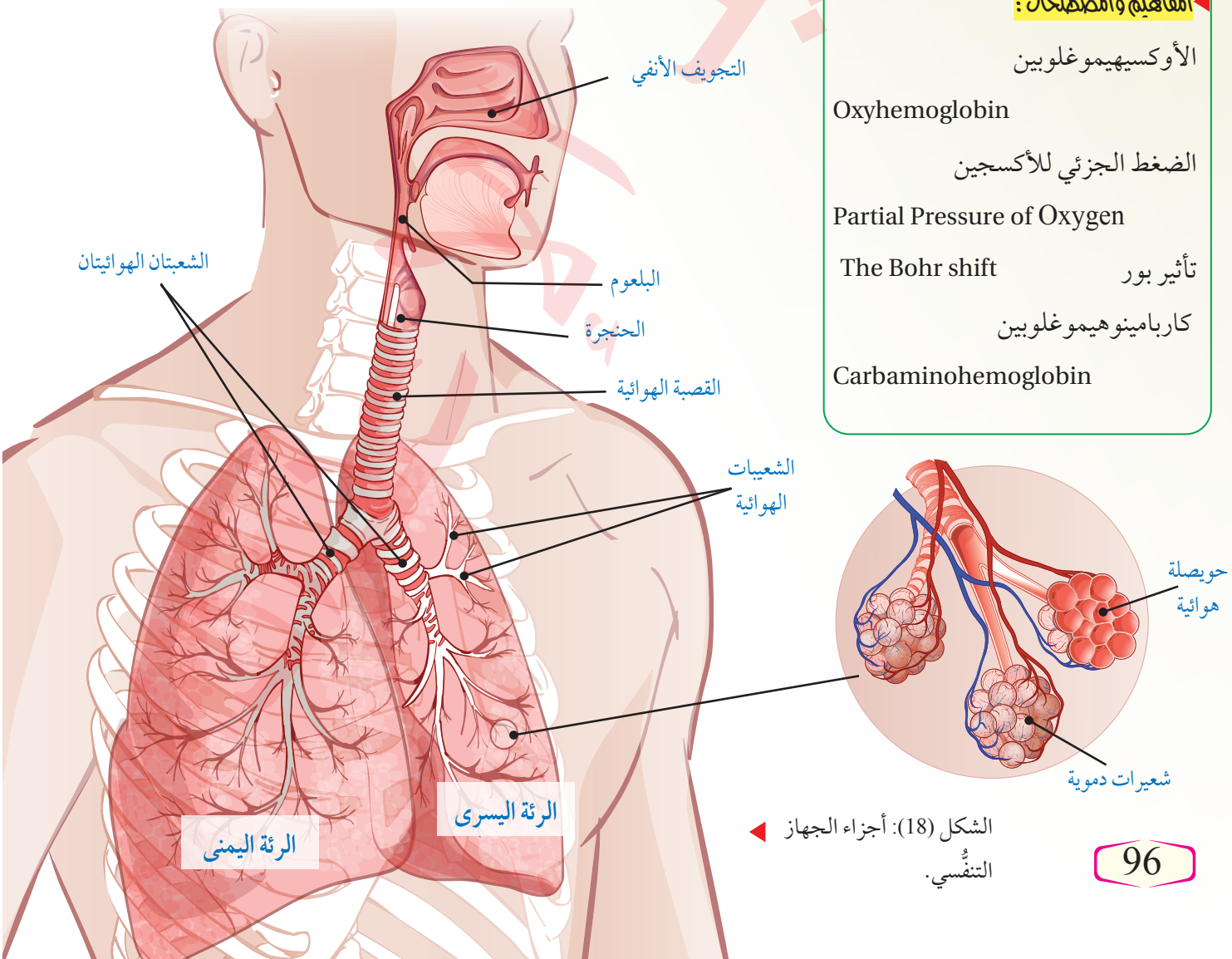
تأثير بور The Bohr shift

كاربامينوهيموغلوبين Carbaminohemoglobin

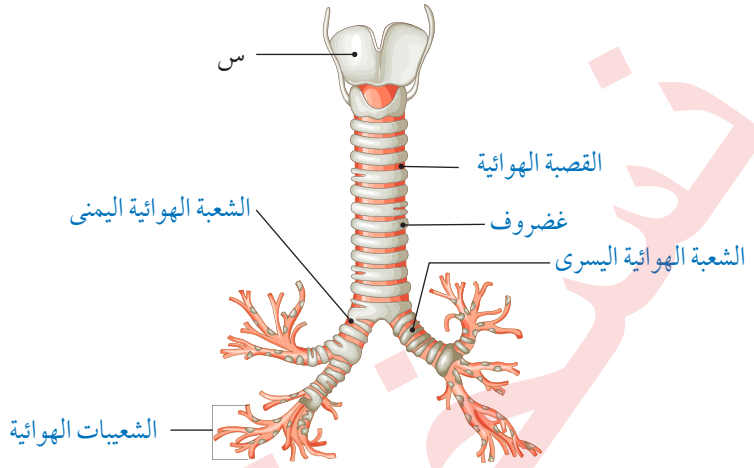
الجهاز التنفُّسي The Respiratory System

يتكوَّن الجهاز التنفُّسي من أعضاء وتراكيب مرتبطة بها تسمح للأكسجين بالانتقال من الهواء الجوي إلى الدم، وتسمح لثاني أكسيد الكربون بالانتقال من الدم إلى الهواء، أنظر الشكل (18).

عندما أتنفَّس يدخل الهواء من الأنف أو الفم، ثم يمر بالقصبة الهوائية، فالشعبتين الهوائيتين، فالشعيبات الهوائية التي تتفرَّع إلى شعيبات أصغر منها تنتهي بالحويصلات الهوائية.



الشكل (18): أجزاء الجهاز التنفُّسي.



الشكل (19): تركيب القصبة الهوائية والشعبتين الهوائيتين.

أستنتج: ماذا يُسمّى الجزء المشار إليه بالحرف (س)؟

القصبة الهوائية والشعبتان الهوائيتان The Trachea and Bronchi

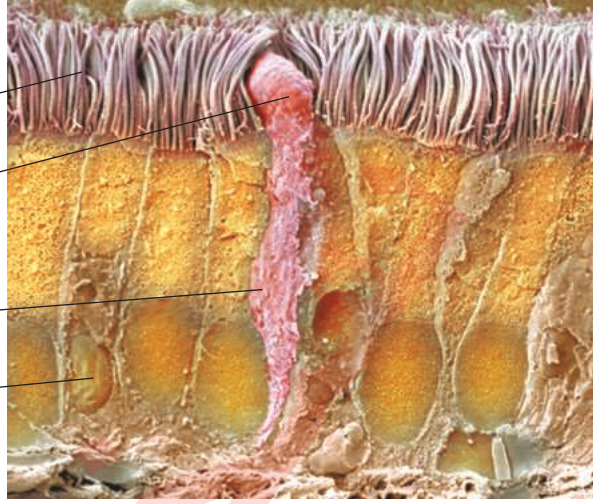
القصبة الهوائية Trachea أنبوب يخرج من الحنجرة في العنق، ويتفرَّع طرفه السفلي إلى شعبتين هوائيتين Bronchi لهما تركيب مُشابِه له. وهي تمتاز بتجويف عريض نسبيًّا، يظل مفتوحًا بسبب الغضاريف Cartilages الموجودة في جدرانها؛ إذ تمنع هذه الغضاريف التي تكون على شكل حرف C التصاق جدران القصبة الهوائية، أو توسُّع تجويفها توسُّعًا كبيرًا نتيجة تغيُّرات ضغط الهواء المفاجئة في أثناء التنفُّس السريع. تحتوي جدران الشعبتين الهوائيتين أيضًا على غضاريف، ويعمل الانقباض والانبساط للعضلات الملساء الموجودة في جدران القصبة الهوائية والشعبتين الهوائيتين على تغيير قُطْر التجويف في أثناء عملية التنفُّس؛ إذ يؤدي انبساط هذه العضلات إلى توسُّع قُطْر التجويف؛ ما يسمح بتدفُّق كمية أكبر من الهواء، أنظر الشكل (19).

تُبطِّن القصبةَ الهوائيةَ والشعبتين الهوائيتين خلايا طلائية على سطحها أهداب Ciliated Epithelial Cells، تعمل مع المخاط الذي تُفرزه خلايا طلائية مُتخصِّصة تُسمّى الخلايا الكأسية Goblet Cells على التخلُّص من الجسيمات الغريبة التي تدخل الجسم، مثل: الغبار، والبكتيريا، والفيروسات، وأبواغ الفطريات؛ إذ تتحرَّك الأهداب لتحريك المخاط الذي تَعْلق فيه

أُفكِّر ما التراكيب التي تُفرِز المخاط إضافةً إلى الخلايا الكأسية؟ مِمَّ يتكوَّن المخاط؟ ما علاقة التدخين بكمية المخاط المتكونة؟

الربطُ بالصحّةِ

في أثناء حدوث نوبة الرَّبو تتقلَّص العضلات الملساء في جدران القصبات الهوائية، ممّا يؤدي إلى تضيُّقها (التضيُّق القصبي)، وتتورَّم الأنسجة المبطنة للممرات الهوائيَّة مؤديةً إلى حدوث التهاب وإفراز المخاط فيها. ويؤثر تضيق القصبات على كمية الهواء التي تصل الحويصلات الهوائية، وهو ما قد يؤثر على مستوى الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الدم، حيث ترتبط شدة ضيق التنفس التي يشعر بها الشخص بمدى خطورة تضيق القصبات.



الشكل (20): صورة مجهرية لأهداب الخلايا الطلائية الكأسية في القصبة الهوائية.

الجسيمات الغريبة، ويُبتلَع عن طريق الحلق، ليصل إلى المعدة، ثم يتخلَّص الجسم من كل ذلك بطرحه مع الفضلات الصُّلْبة، أنظر الشكل (20).

تتفرَّع الشعبتان الهوائيتان إلى شعيبات هوائية Bronchioles تنتهي بحويصلات هوائية Alveoli.

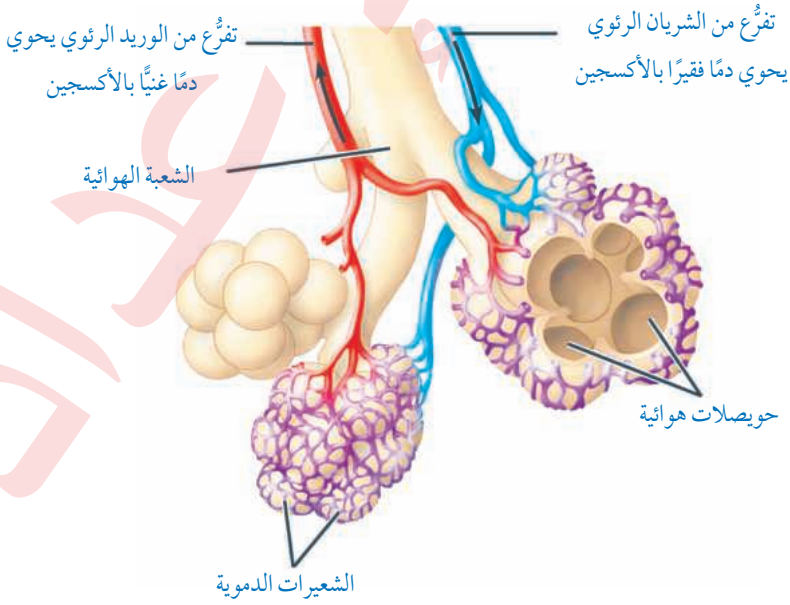
الحويصلات الهوائية Alveoli

تنتهي الشعيبات الهوائية بالحويصلات الهوائية؛ وهي تراكيب يحدث فيها تبادل الغازات بعملية الانتشار، وتُبطِّنها طبقة من الخلايا الطلائية. لا تحتوي جدران الحويصلات الهوائية على غضروف، أو عضلات ملساء؛ فجدرانها رقيقة جدًّا، وهي تحوي أليافًا مرنة تتكوَّن من بروتين اسمه إيلاستين Elastin، وتساعد الحويصلات الهوائية على الاتِّساع بتمدُّد جدرانها عند الشهيق، والعودة إلى حجمها الطبيعي عند الزفير.

يُسهِم شكل الحويصلة الهوائية في زيادة مساحة سطح تبادل الغازات؛ إذ إنَّ سطوحها مستديرة، واتِّساع الحويصلة الهوائية الناتج من عملية الشهيق يزيد مساحة السطح، أنظر الشكل (21).

أتحقَّق: أُوضِّح المقصود بالحويصلة الهوائية.

أفكِّر يبلغ طول القصبة الهوائية للشخص البالغ نحو 11cm، وتُحرِّك الأهداب المخاط بسرعة متوسطة مقدارها 5 mm/min. ما الزمن الذي يستغرقه المخاط في الانتقال من أسفل القصبة الهوائية إلى أعلاها؟



الشكل (21): تركيب الحويصلة الهوائية.

من العوامل الأُخرى التي تزيد من كفاءة تبادل الغازات في عملية الانتشار: جدران الحويصلات الهوائية الرقيقة، وكثافة وجود الشعيرات الدموية على السطوح الخارجية للحويصلات الهوائية، وجدران الأوعية الدموية الرقيقة التي تتيح تبادل الغازات بسهولة.

يُبيِّن الجدول (1) الآتي مُكوِّنات كلٍّ من هواء الشهيق، وهواء الزفير:

الغاز	مُكوِّنات هواء الشهيق (%)	مُكوِّنات هواء الزفير (%)
الأكسجين	21	16
ثاني أكسيد الكربون	0.04	4
النيتروجين	79	79

أُفسِّر: ما أثر نسب الغازات المختلفة في كلٍّ من هواء الشهيق وهواء الزفير في كفاءة عملية تبادل الغازات؟

أُفكِّر عندما يصل الهواء إلى الرئتين في أثناء الشهيق فإنَّه يصبح دافئًا. ما أثر ذلك في سرعة انتشاره في أثناء تبادل الغازات؟

أنظم المعلومات التي تعلمتها سابقًا عن تركيب أجزاء الجهاز التنفسي ووظائفها، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عنها باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

الربط بالرياضيات

إذا كان متوسط قُطْر حويصلة هوائية كروية الشكل هو 300 µm، فأُجيب عن الأسئلة الآتية:

- ما مساحة سطح الحويصلة (m^2)؟ ما حجمها (m^3)؟
- ما النسبة بين مساحة سطح هذه الحويصلة وحجمها؟

أستعمل المعادلتين الرياضيتين الآتيتين:

المساحة $= 4\pi r^2$ حجم الكرة $= \frac{4}{3}\pi r^3$

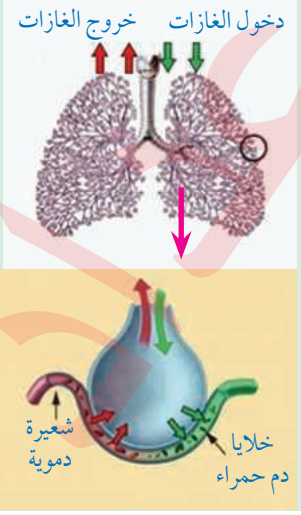
حيث r نصف القُطْر.

الربط بالتكنولوجيا

تصميم جهاز يحاكي عمل الرئة لإنتاج وقود من الماء

تمكَّن فريق بحثيّ في جامعة ستانفورد الأمريكية من تصميم جهاز يحاكي عمل الرئة لتحويل الماء إلى وقود؛ ما قد يُسهِم في إنتاج وقود هيدروجيني أكثر بنحو 25 مرَّة من الطريقة العادية.

وقد استلهم الفريق البحثيّ من عملية التنفُّس طريقةً لتطوير جهاز يعتمد على مادة مُحفِّزة تعمل عمل الحويصلات الهوائية، وتزيد معدَّل التفاعل الكيميائي في أثناء استخراج الوقود الهيدروجيني من الماء.

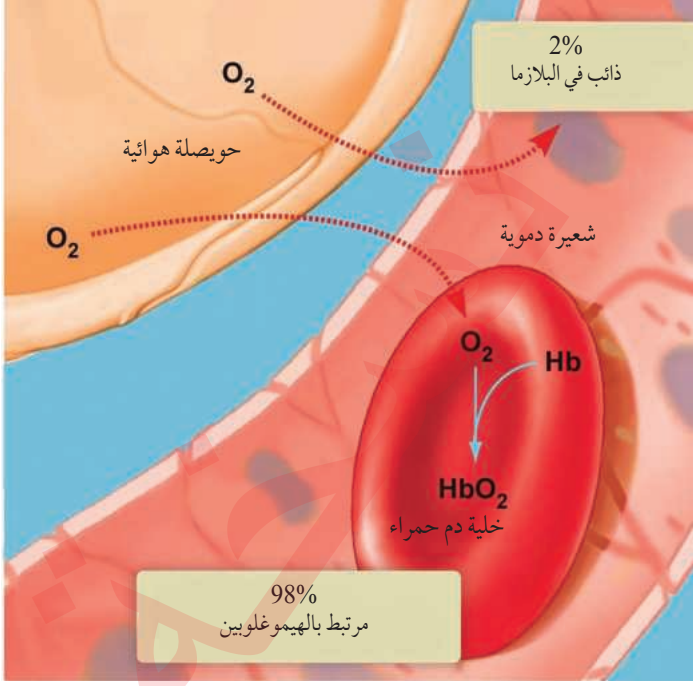


25

نقل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون

Transport of Oxygen and Carbon Dioxide

يحدث تبادل للأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الحويصلات الهوائية والدم في الشعيرات الدموية المحيطة بها؛ إذ ينقل الدم الأكسجين من الرئتين إلى خلايا الجسم، ثم تتبادل خلايا الجسم والدم ثاني أكسيد الكربون والأكسجين، ثم يُنقَل ثاني أكسيد الكربون من خلايا الجسم إلى الرئتين، ثم يُطرَح خارج الجسم.



▲ الشكل (22): تبادل الغازات في الرئتين.

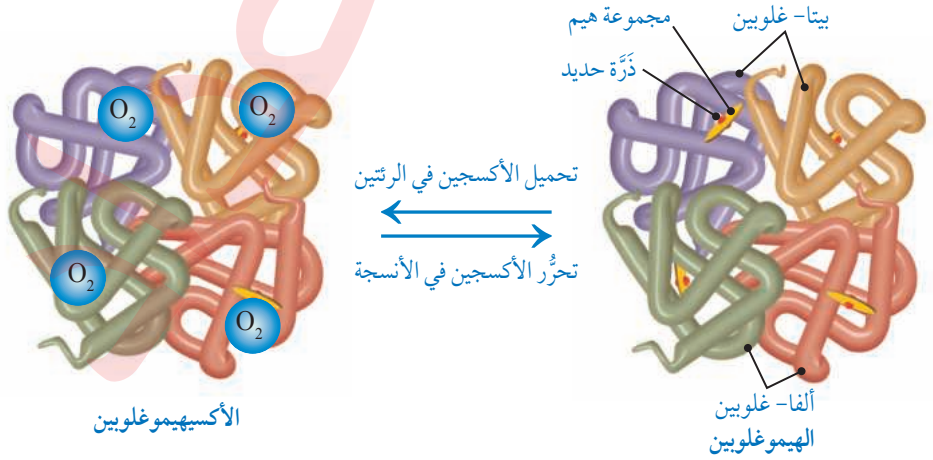
نقل الأكسجين Transport of Oxygen

ينتقل الأكسجين في الدم وهو ذائب في البلازما بما نسبته 2% فقط، في حين ينتقل معظمه عن طريق الهيموغلوبين، أنظر الشكل (22).

الهيموغلوبين Hemoglobin بروتين يتكوَّن من أربع سلاسل عديد الببتيد، تحتوي كلٌّ منها على مجموعة هيم واحدة. ويُمكِن لذرة الحديد الموجودة في مجموعة الهيم الواحدة الارتباط بجزيء واحد من الأكسجين، ولهذا يُمكِن لجزيء واحد من الهيموغلوبين الارتباط بأربعة جزيئات من الأكسجين لتكوين **أكسيهيموغلوبين Oxyhemoglobin** بحسب المعادلة الآتية:

$$Hb + 4O_2 \rightleftharpoons Hb - (O_2)_4$$

علمًا أنَّ هذا الارتباط قابل للانعكاس، أنظر الشكل (23).



الشكل (23): تركيب جزيء الهيموغلوبين.

العوامل التي تساعد على تفكُّك جزيء الأكسيهيموغلوبين

الضغط الجزئي للأكسجين Partial Pressure of Oxygen	تأثير بور The Bohr Shift	درجة الحرارة Temperature
تزداد نسبة تشبُّع الهيموغلوبين بالأكسجين عند زيادة **الضغط الجزئي للأكسجين Partial Pressure of Oxygen (PO_2)**؛ وهو الضغط الناتج من غاز الأكسجين في خليط الغازات. أمّا إذا كان الضغط الجزئي للأكسجين منخفضًا، فإنَّ الأكسيهيموغلوبين يتفكَّك في الأنسجة مُحرِّرًا الأكسجين.	يُطلَق على تأثير الرقم الهيدروجيني في قدرة الهيموغلوبين على الارتباط بالأكسجين اسم **تأثير بور The Bohr Shift**. فعندما يزداد تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2، وتنخفض pH، يزداد تفكُّك الأكسيهيموغلوبين كما في الأنسجة، في حين يزداد ارتباط الأكسجين بالهيموغلوبين إذا كان الرقم الهيدروجيني مرتفعًا كما في الرئتين.	تعمل التغيُّرات في درجات الحرارة على تفكُّك الأكسيهيموغلوبين. فمثلًا، ارتفاع درجة الحرارة إلى حدٍّ مُعيَّن يؤدي إلى زيادة تفكُّك الأكسيهيموغلوبين، أمّا انخفاضها إلى حدٍّ مُعيَّن فيؤدي إلى زيادة ارتباط الأكسجين بالهيموغلوبين.

الشكل (24): العوامل التي تساعد على تفكُّك جزيء الأكسيهيموغلوبين.

إذا ارتبط جزيء الهيموغلوبين بأربعة جزيئات أكسجين، فإنَّه يصبح مشبعًا بنسبة 100%. وإذا ارتبط بعدد أقل من الجزيئات، فإنَّ نسبة إشباعه تنخفض. أمّا إذا كان الأكسجين قليلًا، كما في الأنسجة، فإنَّ الأكسيهيموغلوبين يتفكَّك، ويتحرَّر منه الأكسجين، أنظر الشكل (24).

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح العوامل التي تساعد على تفكُّك جزيء الأكسيهيموغلوبين.

نقل ثاني أكسيد الكربون Transport of Carbon Dioxide

في ما يأتي الحالات التي يُنقَل فيها ثاني أكسيد الكربون من خلايا الجسم إلى الدم:

الذوبان في البلازما Dissolved in Plasma: يُنقَل نحو 7% من ثاني أكسيد الكربون وهو ذائب في البلازما، أنظر الشكل (25/ أ).

الارتباط بالهيموغلوبين Bounded to Hemoglobin: يُنقَل ما نسبته 23% من ثاني أكسيد الكربون عن طريق الارتباط بالهيموغلوبين داخل خلايا الدم الحمراء، مُكوِّنًا مُركَّبًا يُسمّى **الكاربامينوهيموغلوبين Carbaminohemoglobin.** وعند وصول الدم إلى الرئتين يتحرَّر ثاني أكسيد الكربون في الشعيرات الدموية من الكاربامينوهيموغلوبين، وينتقل من خلايا الدم الحمراء إلى بلازما الدم، ومنها ينتشر إلى الحويصلات الهوائية، ثم إلى خارج الجسم عن طريق هواء الزفير، أنظر الشكل (25/ ب).

أيونات الكربونات الهيدروجينية (HCO_3^-): يُنقَل نحو 70% من ثاني أكسيد الكربون في صورة أيونات الكربونات الهيدروجينية في بلازما الدم؛ إذ يخرج ثاني أكسيد الكربون الذائب في سيتوسول الخلايا إلى السائل النسيجي Tissue Fluid، ثم ينتشر في بلازما الدم، ثم يتحد مع الماء داخل خلايا الدم الحمراء مُكوِّنًا حمض الكربونيك H_2CO_3. أنظر الشكل (25/ جـ). يحدث هذا التفاعل ببطء شديد، ولكنَّ خلايا الدم الحمراء تحوي إنزيم كربونيك أنهيدريز الذي يُحفِّز هذا التفاعل، ويُسرِّعه كثيرًا كما في المعادلة الآتية:

$$CO_{2\,(aq)} + H_2O_{\,(l)} \rightarrow H_2CO_{3\,(aq)}$$

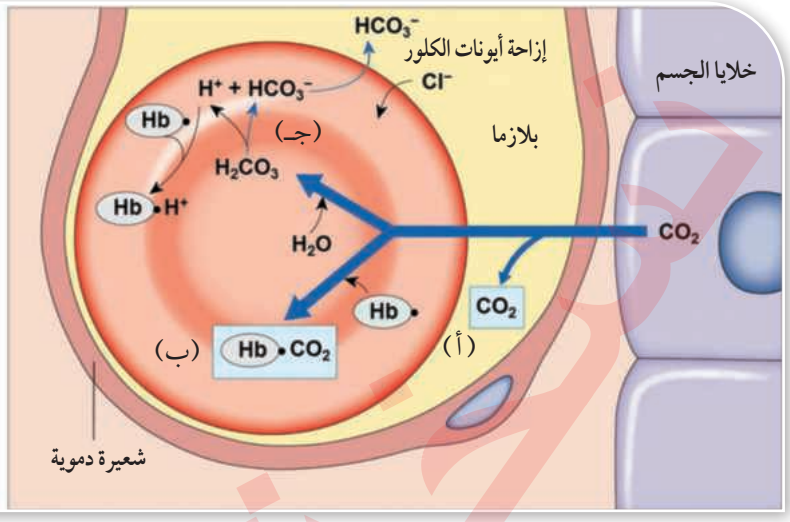
بعد ذلك يتفكَّك حمض الكربونيك H_2CO_3، وينتج من هذا التفكُّك أيونات الهيدروجين H^+، وأيونات الكربونات الهيدروجينية HCO_3^- كما في المعادلة الآتية:

$$H_2CO_{3\,(aq)} \rightarrow H^+_{\,(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$$

ونظرًا إلى وجود أيونات الهيدروجين المذابة في سيتوسول خلايا الدم الحمراء؛ يتكوَّن وسط حمضي يضرُّ غالبًا بجسم الإنسان. غير أنَّ للهيموغلوبين قدرة كبيرة على الارتباط بأيونات الهيدروجين؛ ما يُقلِّل من ضررها، وبذلك

الربط بالصحة

يعمل جزء من الدماغ على التحكُّم في معدَّل التنفُّس من دون قياس تركيز الأكسجين في الدم، والاكتفاء بقياس تركيز ثاني أكسيد الكربون في الدم؛ لأنَّ الزيادة الطفيفة لتركيز ثاني أكسيد الكربون في سوائل الجسم قد تُحدِث ضررًا أكثر مقارنةً بما يُحدِثه الانخفاض الطفيف لتركيز الأكسجين من ضرر بالجسم.



الشكل (25): حالات نقل ثاني أكسيد الكربون من خلايا الجسم إلى الدم:

أ – الذوبان في البلازما.

ب– الارتباط بالهيموغلوبين.

جـ– أيونات الكربونات الهيدروجينية.

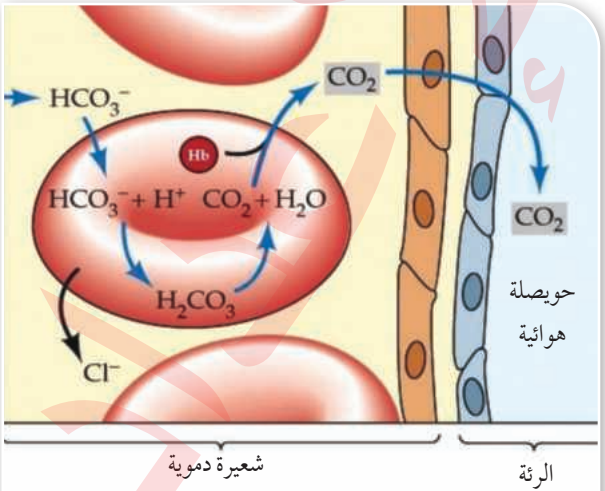
يعمل الهيموغلوبين بوصفه مُنظِّمًا؛ إذ يحافظ على بقاء الرقم الهيدروجيني pH في خلايا الدم الحمراء ثابتًا نسبيًّا نتيجة ارتباط أيونات الهيدروجين به مُكوِّنًا حمض الهيموغلوبينيك Haemoglobinic Acid (HHb):

$$Hb + H^+ \rightarrow HHb$$

تخرج أيونات الكربونات الهيدروجينية السالبة الشحنة من خلايا الدم الحمراء إلى بلازما الدم، ويدخل أيون واحد من الكلوريد Cl^- مقابل كل أيون من أيونات الكربونات الهيدروجينية HCO_3^- للمحافظة على الاتزان الكهربائي على جانبي غشاء خلية الدم الحمراء، في ما يُعرَف بعملية إزاحة أيونات الكلور Chloride Shift، أنظر الشكل (25).

عند وصول الدم إلى الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات الهوائية، تنتشر أيونات الكربونات الهيدروجينية HCO_3^- من بلازما الدم في الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات الهوائية إلى خلايا الدم الحمراء، وترتبط بأيونات الهيدروجين مُكوِّنة حمض الكربونيك الذي يتفكَّك، فينتج ماء وثاني أكسيد الكربون، ثم ينتقل ثاني أكسيد الكربون إلى بلازما الدم، ومنها إلى الحويصلات الهوائية، ثم إلى خارج الجسم عن طريق هواء الزفير، أنظر الشكل (26).

أتحقَّق: ما اسم المُركَّب الناتج من ارتباط الهيموغلوبين بكلٍّ من الأكسجين، وثاني أكسيد الكربون؟



الشكل (26): أشكال انتقال ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الرئتين.

نشاط

تركيب الرئتين

المواد والأدوات:

رئتا خروف متصلتان بالقصبة الهوائية، صينية تشريح، مقص، قفّازات، مسطرة، أدوات تشريح، كأس زجاجية.

إرشادات السلامة:

- استعمال أدوات التشريح بحذر.
- غسل اليدين بالماء والصابون، أو استعمال مُعقِّم اليدين قبل إجراء التجربة وبعدها.

خطوات العمل:

1. **أُلاحِظ** شكل الرئتين، ومظهرهما، ولونهما.
2. أُقدِّر حجم الرئتين باستخدام المسطرة.
3. **أُلاحِظ** القصبة الهوائية، وأتفحَّصها، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.
4. أتفحَّص الأنابيب التي تدخل الرئتين، وألاحظ كيف تنقسم.
5. **أُلاحِظ** الأوعية الدموية التي تدخل الرئتين، وتخرج منهما.
6. أتفحَّص أيَّ غشاء يحيط بالرئتين.
7. إذا كانت الحنجرة لا تزال متصلة بالرئة، أُحاول دفع الهواء في الحنجرة بالضغط عليها بقوة.
8. **أُجرِّب:** أقطع جزءًا من أنسجة الرئة، وأُلاحِظ تركيب النسيج المقطوع، ثم أُسقِطه في كأس فيها ماء، **وأُلاحِظ** التغيُّرات التي تطرأ عليه.

التحليل والاستنتاج:

1. أَصِف شكل الرئتين، ومظهرهما، ولونهما.
2. ما الأوعية الدموية الرئيسة التي تدخل الرئتين، وتخرج منهما؟
3. أذكر نوع الغشاء المحيط بالرئة.
4. **أتوقَّع**: ما التغيُّرات التي تطرأ على نسيج الرئتين عند إسقاطه في الماء؟

الجراحة بمساعدة الروبوتات Robot Surgery

زاد الاعتماد على تقنيات الجراحة الآلية في المستشفيات؛ ذلك أنَّها تساعد الأطباء على إجراء عمليات جراحية دقيقة ومُعقَّدة. وفيها يتحكَّم الجرّاحون/ الجرّاحات في الجهاز المُخصَّص للجراحة عن طريق كاميرا وأذرع ميكانيكية؛ ما يمنحهم رؤية دقيقة جدًّا للعضو المصاب.

استُخدِمت هذه التقنية في إزالة بعض الأورام والسرطانات من الرئتين وغيرهما من أعضاء الجسم. ووفقًا لمستشفى مايو كلينك، فإنَّ هذه التقنية الجراحية تمتاز بما يأتي:

- الدقة والتحكُّم المتناهيان.
- الحدُّ من مضاعفات العمليات الجراحية، مثل: الالتهابات، والعدوى.
- ظهور ندبات محدودة في موضع العملية الجراحية بعد انتهائها؛ نظرًا إلى دقة التقنية المستخدمة فيها.

يُذكَر أنَّ انتشار هذا النوع من الجراحة قد يُمهِّد الطريق لإجراء عمليات جراحية عن بُعْد، بحيث يجلس الجرّاحون/ الجرّاحات في غرفة التحكُّم بعيدًا عن مكان إجراء العملية.

بعض مشكلات الجهاز التنفسي Some of Respiratory System Disorders

الإنفلونزا Influenza

هي عدوى فيروسية تنتقل عبر الهواء أو من خلال لمس الأسطح المُلوَّثة بالفيروسات، تصيب أجزاء من الجهاز التنفسي مثل الأنف، والحنجرة، والرئتين. تشمل الأعراض الشائعة: التهاب الحلق، وسيلان الأنف أو احتقانه، والحمى، والسعال، والصداع، وآلام العضلات، والشعور بالتعب الشديد. ويمكن الوقاية منها عن طريق غسل الأيدي باستمرار، وارتداء الكمامات في الأماكن المزدحمة، وتغطية الأنف والفم عند السعال والعطس. ويوصى بأخذ مطعوم الإنفلونزا السنوي.

سرطان الرئة Lung Cancer

هو نوع من السرطان يُعدّ من أكثر الأنواع شيوعًا وخطورة. من أسبابه الرئيسة: التدخين، والتعرّض للمواد الكيميائية، والعلاج الإشعاعي المستمرّ، وتلوّث الهواء. تشمل أعراض الإصابة به: ألمًا في الصدر، وسعالًا مصحوبًا بالدم، وبحّة في الصوت، وصعوبة في التنفس. ويعتمد علاجه على الجراحة، والعلاج الكيميائي أو الإشعاعي.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ما وظيفة الجهاز التنفسي؟
2. ما المقصود بكلٍّ من إزاحة الكلور، وتأثير بور؟
3. أُبيِّن كيف يعمل المخاط والأهداب معًا لحماية الممرات الهوائية.
4. أُوضِّح التلاؤم بين تركيب الحويصلة الهوائية ووظيفتها.
5. أكتب معادلة التفاعل المُكوِّن لأيونات الكربونات الهيدروجينية.
6. أُوضِّح تأثير الألياف المرنة في جدران الحويصلات الهوائية.
7. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:**

1. البروتين الذي يكوّن الألياف التي توجد في الحويصلات الهوائية، هو:

أ . الميوسين. ب. الأكتين. جـ. الكولاجين. د. الإيلاستين.

2. من الوظائف التي توفرها الغضاريف الموجودة في جُدُر القصبة الهوائية:

أ . توسُّع تجويفها توسُّعًا كبيرًا نتيجة تغيُّرات ضغط الهواء المفاجئة في أثناء التنفُّس السريع.

ب. منع التصاق جُدُر القصبة الهوائية.

جـ. إفراز المخاط الذي يعمل على التخلُّص من الجسيمات الغريبة التي تدخل الجسم.

د . انبساط جُدُر القصبة الهوائية.

3. تنتشر الخلايا الكأسية في الطبقة الطلائية المبطنة لـ:

أ . القصبة الهوائية. ب. الشعيرات الدموية. جـ. الرئتين. د. الحويصلة الهوائية.

4. يحتوي $1\ mm^3$ من دم شخص على 6.5×10^6 خلية دم حمراء. إذا كانت كل خلية دم حمراء تحتوي على 2.4×10^8 جزيء هيموغلوبين، فإن عدد جزيئات الهيموغلوبين في $1\ mm^3$ من دمه تقريبًا هي:

أ . 1.6×10^{14} ب. 2.6×10^{14} جـ. 1.6×10^{15} د. 2.6×10^{15}

5. جميع العبارات الآتية صحيحة في ما يتعلق بزيادة ارتباط O_2 بجزيئات الهيموغلوبين في الدم في الرئتين **باستثناء:**

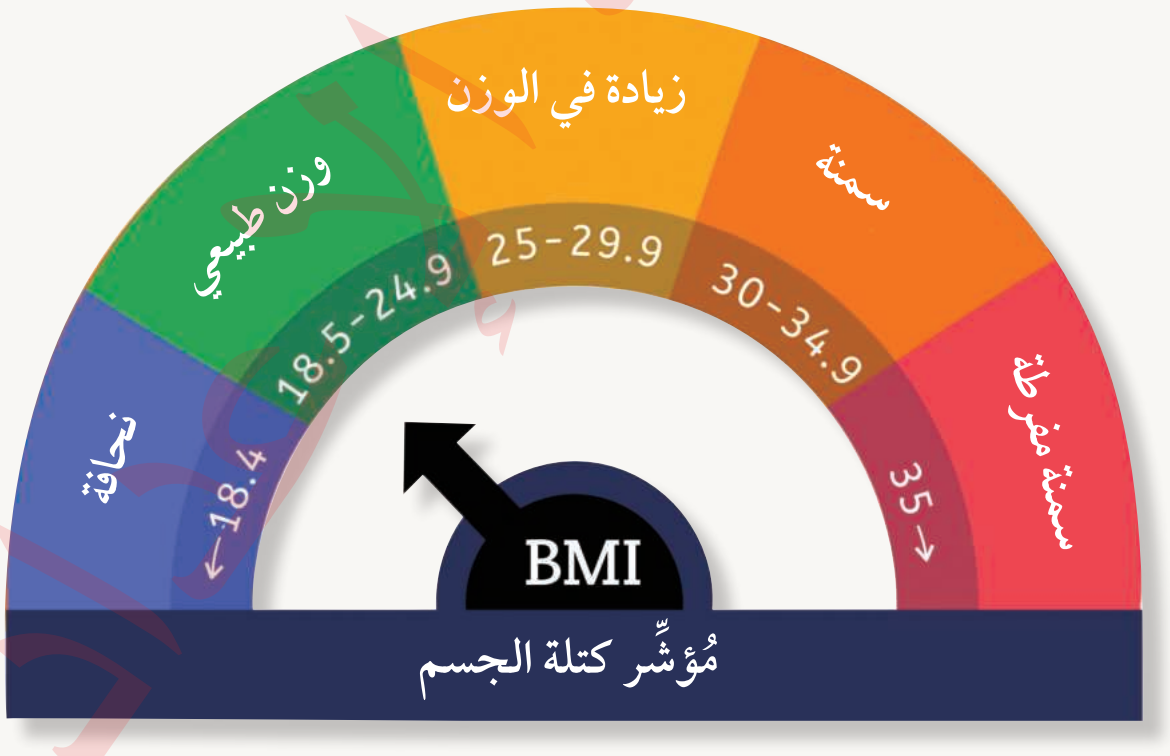
أ . زيادة الضغط الجزئي للأكسجين. ب. زيادة تركيز CO_2.

جـ. انخفاض درجة الحرارة. د . ارتفاع pH

التكنولوجيا والسمنة Technology and Obesity

أشارت نتائج دراسة أعدَّها المركز الوطني للسكري والغُدد الصُّمِّ والوراثة، بالتعاون مع كلية الطب في جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية، إلى ارتفاع معدَّلات السمنة في السنوات الأخيرة بالأردن، وازدياد معدَّلاتها مع التقدُّم في العمر، وبخاصة بين النساء، وكذلك ارتباط السمنة بعدد من الاضطرابات الأيضية والمشكلات الصحية، مثل: السكري من النوع الثاني، وارتفاع ضغط الدم، والكولسترول الضار، وتراكم الدهون الثلاثية على جدران الأوعية الدموية.

في عام 2015 م، وافقت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية Food and Drug Administration: FDA على استخدام جهاز جديد لعلاج السمنة يُمكِن به التحكُّم في الشعور بالجوع والشبع؛ إذ يُرسِل الجهاز نبضات كهربائية إلى العصب المبهم، تقطع الإشارة العصبية بين الدماغ والمعدة، فلا تصل رسالة الشعور بالجوع إلى الدماغ. يُزرَع الجهاز بعملية جراحية تحت الجلد في البطن، ويُمكِن للمريض إعادة شحنه، وتُضبَط إعداداته باستخدام وحدات التحكُّم الخارجية.



السؤال الأول:

لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:

1. العاصرة الفؤادية تتحكَّم في:

أ . انتقال الكيموس إلى الأمعاء الدقيقة.

ب. إغلاق القصبة الهوائية في أثناء عملية البلع.

جـ. انتقال الطعام من المريء إلى المعدة، ومنع ارتداده.

د . حركة الأمعاء الغليظة فـي أثناء طرح الفضلات.

2. الغُدَّة التي تُفرِز مادة لتوفير وسط قاعدي في الأمعاء الدقيقة هي:

أ . الكبد.

ب. البنكرياس.

جـ. الحوصلة الصفراوية.

د . خلايا خاصة في جدار المعدة.

3. تتحوَّل الدهون في الأمعاء الدقيقة إلى مستحلب بتأثير:

أ . اللعاب.

ب. العصارة المعدية.

جـ. العصارة الصفراوية.

د . بيكربونات الصوديوم.

4. من العمليات التي تحدث في خلايا الـدم الحمراء:

أ . تحطيم الأجسام الغريبة.

ب. الانتشار.

جـ. الانقسام.

د . بناء البروتين.

5. الصف الذي يصف جزيء هيموغلوبين وصفًا صحيحًا في الجدول الآتي هو:

	عدد سلاسل عديد الببتيد	عدد مجموعات الهيم	أكبر عدد من جزيئات الأكسجين التي يُمكِنها أنْ ترتبط به
أ	2	1	8
ب	2	4	4
ج	4	1	8
د	4	4	4

6. الثنائي الذي يحتوي على دم مؤكسج هو:

أ . الأذين الأيسر، والبطين الأيسر.

ب. الأذين الأيسر، والبطين الأيمن.

جـ. الأذين الأيمن، والبطين الأيسر.

د . الأذين الأيمن، والبطين الأيمن.

7. الخلايا التي تكون نواها متعددة الفصوص هي:

أ . خلايا الدم الحمراء.

ب. الخلايا وحيدات النوى.

جـ. الخلايا المتعادلة.

د . الخلايا اللمفية.

8. الوريد الوحيد في جسم الإنسان الذي يحمل الدم المؤكسج، هو:

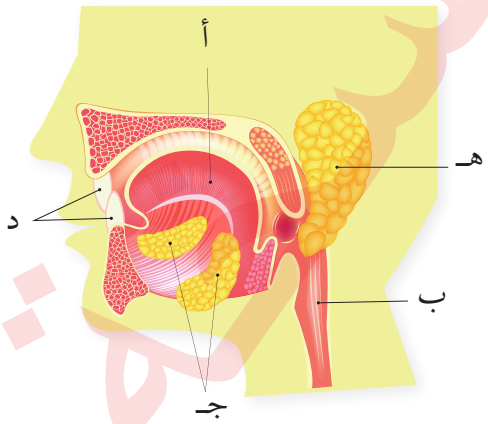
أ . الوريد الأجوف العلوي.

ب. الوريد الأجوف السفلي.

جـ. الوريد الرئوي.

د . الوريد البابي الكبدي.

* يمثّل الرسم الآتي بعض أجزاء الجهاز الهضمي في الإنسان، أدرسه للإجابة عن الأسئلة (9–14):



9. الوظيفة التي يؤديها الجزء الذي يمثّله الحرف (أ):
أ . الهضم. ب. تمرير الطعام للمعدة.
جـ. إغلاق القصبة الهوائية. د. خلط الطعام باللعاب.

10. الأزواج الرئيسة الثلاثة من الغُدد اللعابية في الفم، هي:
أ . (أ، ب، جـ) ب. (هـ، جـ)
جـ. (أ، جـ، هـ) د . (ب، هـ)

11. الدور الذي تقوم به الأجزاء الممثّلة بالحرف (د)، هو:
أ . طحن الطعام. ب. تحريك الطعام.
جـ. تقطيع الطعام وتمزيقه. د. تمرير الطعام.

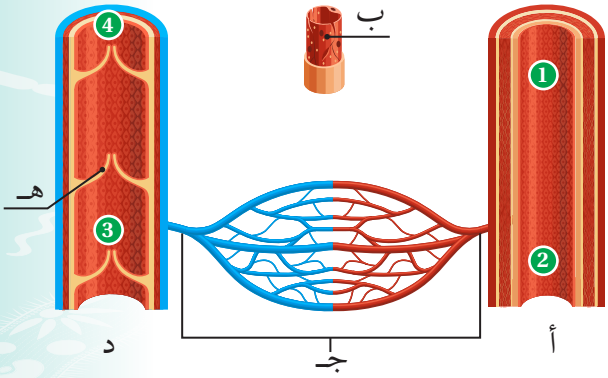
12. الحرف الذي يمثّل الغدة النكافية هو:
أ . (هـ) ب. (جـ)
جـ. (ب) د. (أ)

13. الجزء الذي يستخدم الحركة الدودية في دفع الطعام هو:
أ . (هـ) ب. (جـ)
جـ. (ب) د . (أ)

14. البروتين الذي يحلل الكربوهيدرات المُعقَّدة التركيب، والجزء (الأجزاء) التي تفرزه على الترتيب:
أ . HCL، (ب+هـ) ب. الببسين، (ب+هـ)
جـ. التربسين، (هـ+جـ) د . ألفا أميليز، (هـ+جـ)

15. الجزء من القلب الذي يستقبل الدم المؤكسج (غني بـ O_2) من الرئتين، هو:
أ . البطين الأيمن. ب. البطين الأيسر.
جـ. الأذين الأيمن. د . الأذين الأيسر.

* يمثّل الرسم الآتي تركيب الأوعية الدموية في الإنسان. أدرسه للإجابة عن الأسئلة (16–20):



16. الرمز الذي يمثّل الشريان، هو:
أ . (أ) ب. (ب)
جـ. (جـ) د . (د)

17. الرمز الذي يمثّل الشعيرة الدموية، هو:
أ . (أ) ب. (ب)
جـ. (جـ) د . (د)

18. ما يمثّله الرمز (هـ)، هو:
أ . الشريان. ب. الوريد.
جـ. الشعيرة الدموية. د . الصمام.

19. ما يمثّله الرمز (ب)، هو:
أ. الطبقة الخارجية. ب. العضلات الملساء.
جـ. الطبقة الداخلية. د. النسيج الضام.

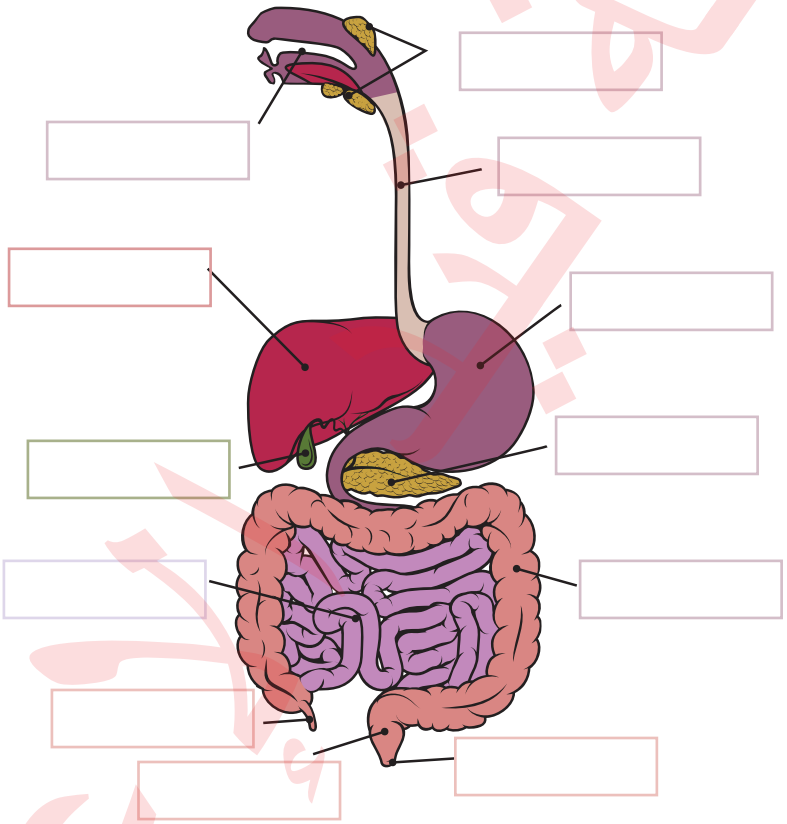
20. اتجاه حركة الدم عند عودته إلى القلب في الرسم أعلاه على الترتيب:
أ . 3، 4، جـ، 2، 1 ب. 1، 2، جـ، 3، 4
جـ. 3، 4، جـ، 1، 2 د. 3، 4، جـ

السؤال الثاني:

يُسبِّب الربو انقباض العضلات الملساء في الشعب الهوائية، ويعمل أحد الأدوية المستخدمة في علاج الربو على انبساط هذه العضلات. أُوضِّح كيف يساعد هذا الدواء الأشخاص المصابين بالربو على التنفُّس بسهولة أكثر.

السؤال الثالث:

أدرس الشكل الآتي الذي يُبيِّن أعضاء الجهاز الهضمي، ثم أُجيب عن السؤالين التاليين:



زمن مكوث الطعام:

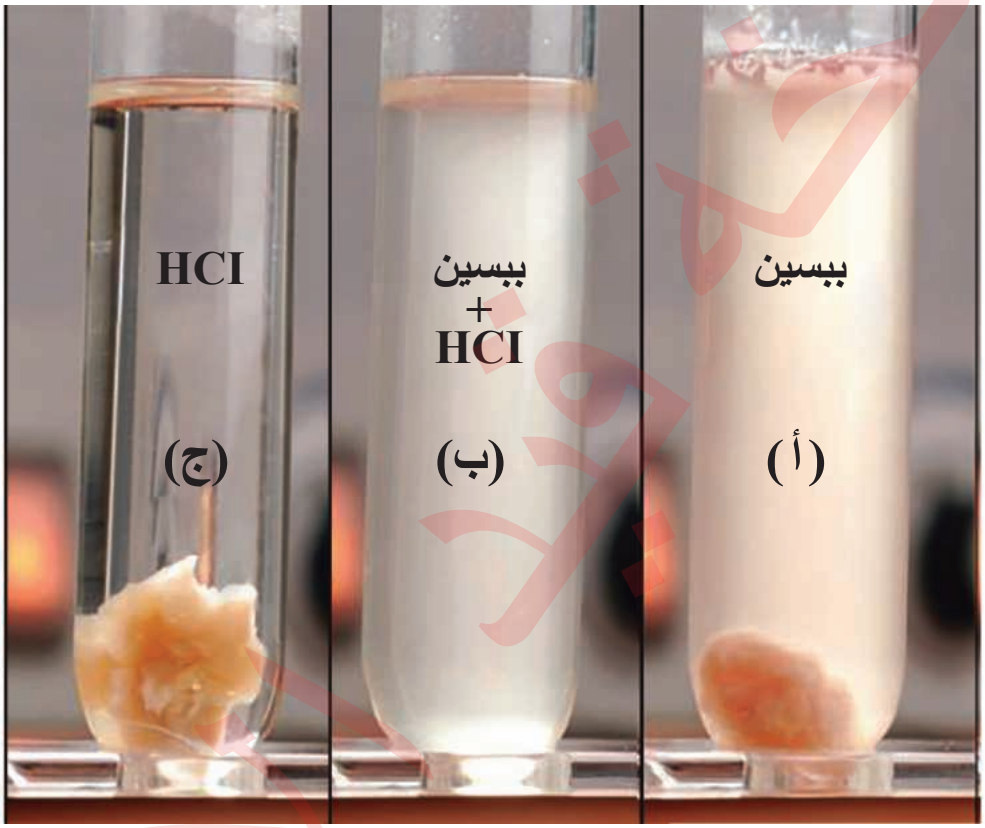
- (12 – 24) h
- (5) h
- (1 – 5) h
- (10) s

1. أكتب في المربع المجاور لكل عضو دوره في عملية الهضم، ومدَّة بقاء الطعام فيه إن وجدت.
2. إذا مكث طعام داخل القناة الهضمية 28 h، فما النسبة المئوية للزمن الذي مكث فيه الطعام داخل الأمعاء الدقيقة من إجمالي مدَّة عملية الهضم؟

السؤال الرابع:

أدرس الشكل التالي الذي يُبيِّن نشاط إنزيم الببسين في هضم البروتين، ثم أُجيب عن السؤالين الآتيين:

1. أُرتِّب الأنابيب بحسب كمية الهضم من الأكثر إلى الأقل.
2. ما العوامل التي أثَّرت في هضم البروتين؟



السؤال الخامس:

أ. أَصِف شكل خلية الدم الحمراء.

ب. أُوضِّح التلاؤم بين تركيب خلايا الدم الحمراء ووظيفتها.

السؤال السادس:

يوجد 3×10^{13} تقريبًا من خلايا الدم الحمراء في الجسم. إذا كان متوسط إجمالي حجم الدم للأشخاص البالغين 5 L، فما عدد خلايا الدم الحمراء في $1\ cm^3$ من الدم؟

السؤال السابع:

أُفسِّر كلًّا ممّا يأتي:

أ. جدران الشرايين أكثر سُمْكًا من جدران الأوردة التي لها الحجم نفسه.

ب. وجود الصمامات في الأوردة لا في الشرايين.

السؤال الثامن:

يوجد 3×10^{13} تقريبًا من خلايا الدم الحمراء في الجسم، ولكل خلية دم حمراء عمر مُحدَّد بـ 120 يومًا قبل إزالتها من الدم. فما عدد خلايا الدم الحمراء الجديدة التي يجب تصنيعها كل ثانية للحفاظ على العدد الإجمالي ثابتًا؟

السؤال التاسع:

أتنبَّأ: لماذا يحدث تبادل الغازات بين الهواء والدم في الحويصلات الهوائية، ولا يحدث في القصبة الهوائية؟

السؤال العاشر:

تؤدي إصابة الشخص ببعض الأمراض إلى إفرازه مخاطًا أكثر لزوجة من مخاط الشخص السليم. **أتوقَّع** بعض المشكلات الناجمة عن ذلك.

الوحدة 8

الإخراج والتكاثر

Excretion and Reproduction

قال تعالى:

﴿ يَٰٓأَيُّهَا ٱلنَّاسُ إِن كُنتُمْ فِى رَيْبٍ مِّنَ ٱلْبَعْثِ فَإِنَّا خَلَقْنَٰكُم مِّن تُرَابٍ ثُمَّ مِن نُّطْفَةٍ ثُمَّ مِنْ عَلَقَةٍ ثُمَّ مِن مُّضْغَةٍ مُّخَلَّقَةٍ وَغَيْرِ مُخَلَّقَةٍ لِّنُبَيِّنَ لَكُمْ ۚ وَنُقِرُّ فِى ٱلْأَرْحَامِ مَا نَشَآءُ إِلَىٰٓ أَجَلٍ مُّسَمًّى ثُمَّ نُخْرِجُكُمْ طِفْلًا ثُمَّ لِتَبْلُغُوٓا۟ أَشُدَّكُمْ ۖ وَمِنكُم مَّن يُتَوَفَّىٰ وَمِنكُم مَّن يُرَدُّ إِلَىٰٓ أَرْذَلِ ٱلْعُمُرِ لِكَيْلَا يَعْلَمَ مِنۢ بَعْدِ عِلْمٍ شَيْـًٔا ۚ وَتَرَى ٱلْأَرْضَ هَامِدَةً فَإِذَآ أَنزَلْنَا عَلَيْهَا ٱلْمَآءَ ٱهْتَزَّتْ وَرَبَتْ وَأَنۢبَتَتْ مِن كُلِّ زَوْجٍۭ بَهِيجٍ ﴿٥﴾ ﴾ (سورة الحج، الآية 5).

أتأمَّل الصورة

تتكوَّن معظم أعضاء الجهاز البولي والجهاز التناسلي من الطبقة الوسطى في أثناء المرحلة الجنينية، ويقع كلٌّ منهما قرب الآخر في الجسم. ففي أيِّ مراحل الحمل تبدأ كُليتا الجنين العمل وإنتاج البول؟ كيف يتكامل الجهازان في عملهما؟ لماذا ترتبط دراسة الجهاز البولي والجهاز التناسلي معًا؟

الفكرة العامة:

ينتج من عمليات الأيض كثير من الفضلات التي يتخلَّص منها الجسم عن طريق جهاز الإخراج، وتؤدي الكُليتان دورًا مهمًّا في هذه العملية.

تتكوَّن الأجهزة التناسلية من أعضاء تُنتِج الجاميتات، وهي مسؤولة عن عملية التكاثر.

الدرس الأول: جهاز الإخراج: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته.

الفكرة الرئيسة: يُسهِم جهاز الإخراج في تخليص الجسم من الفضلات، ويعمل على التنظيم الأسموزي للدم؛ حفاظًا على الاتزان الداخلي للجسم.

الدرس الثاني: الأجهزة التناسلية: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته.

الفكرة الرئيسة: يُعَدُّ التكاثر الجنسي عملية ضرورية لبقاء نوع الإنسان، ونقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء.

تشريح كُلية خروف

المواد والأدوات:

كُلية خروف، صينية تشريح، أدوات تشريح، قفّازات.

إرشادات السلامة:

- استعمال أدوات التشريح بحذر.
- غسل اليدين بالماء والصابون، أو استعمال مُعقِّم اليدين قبل إجراء التجربة وبعدها.

خطوات العمل:

1. **أُلاحِظ** شكل الكُلية الخارجي ومظهرها.
2. **أُجرِّب:** أقص الكُلية طوليًّا من المنتصف.
3. **أُلاحِظ** منطقتي القشرة والنخاع، وأتفحَّص تراكيب كلٍّ منهما.
4. أتفحَّص منطقة حوض الكُلية، مع ملاحظة اتصالها بالحالب.

التحليل والاستنتاج:

1. أَصِف شكل الكُلية الخارجي.
2. **أتوقَّع** أهمية الغشاء السميك الذي يحيط بالكُلية.
3. أَصِف أجزاء الكُلية وتراكيبها كما شاهدتها في المقطع الطولي.
4. **أتوقَّع** سبب اختلاف لون منطقتي القشرة والنخاع في الكُلية.
5. أرسم الكُلية كما شاهدتها في المقطع الطولي.

نسخة تجريبية

الدرس 1

جهاز الإخراج: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته

Excretion System:Structure and Function and some of its Problems

الفكرة الرئيسة:

يُسهِم جهاز الإخراج في تخليص الجسم من الفضلات، ويعمل على التنظيم الأسموزي للدم؛ حفاظًا على الاتزان الداخلي للجسم.

نتاجات التعلُّم:

- أُحدِّد أجزاء جهاز الإخراج، ووظيفة كل جزء منها.
- أَصِف آلية تنقية الدم من الفضلات النيتروجينية.
- أُبيِّن دور الكُليتين في الحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم.
- أصف بعض مشكلات جهاز الإخراج.

المفاهيم والمصطلحات:

التنظيم الأسموزي	Osmoregulation
النفرون	Nephron
الترشيح الكبيبي	Glomerular Filtration
إعادة الامتصاص	Reabsorption
الإفراز الأنبوبي	Tubular Secretion

أتحقَق: ما دور أعضاء جهاز الإخراج في الجسم؟

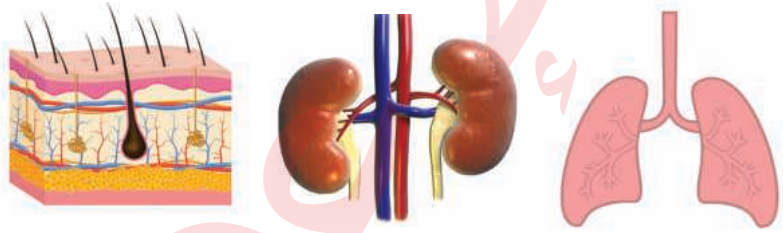
أعضاء جهاز الإخراج

Excretion System Organs

تُنتِج الخلايا فضلات هي نواتج ثانوية لعمليات الأيض التي تحدث فيها، وتعمل أعضاء جهاز الإخراج (مثل: الكُليتين، والرئتين، والجلد) على تخليص الجسم من الفضلات، وطرحها خارجه، أنظر الشكل (1).

للكُليتين وظائف عديدة داخل الجسم، مثل: تكوين البول، والحفاظ على تركيز ثابت للسوائل والمواد الذائبة فيها داخل الجسم ضمن مستوياتها الطبيعية، في ما يُعرَف **بالتنظيم الأسموزي Osmoregulation** للدم، وكذلك التحكُّم في درجة حموضة الدم، والسيطرة على ضغط الدم وحجمه.

يعمل أيض الحموض الأمينية في الكبد على تكوُّن الفضلات النيتروجينية؛ إذ تتكوّن الأمونيا، وهي مُركَّب شديد السُّمِّيَّة ثم يُحوِّلها الكبد إلى يوريا Urea، وهو مُركَّب أقل سُمِّيَّة.



الرئتان	الكُليتان	الجلد
طرح ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.	تنقية الدم من الفضلات النيتروجينية والتخلص من الأملاح الفائضة عن حاجة الجسم.	طرح الماء والأملاح الزائدة على حاجة الجسم.

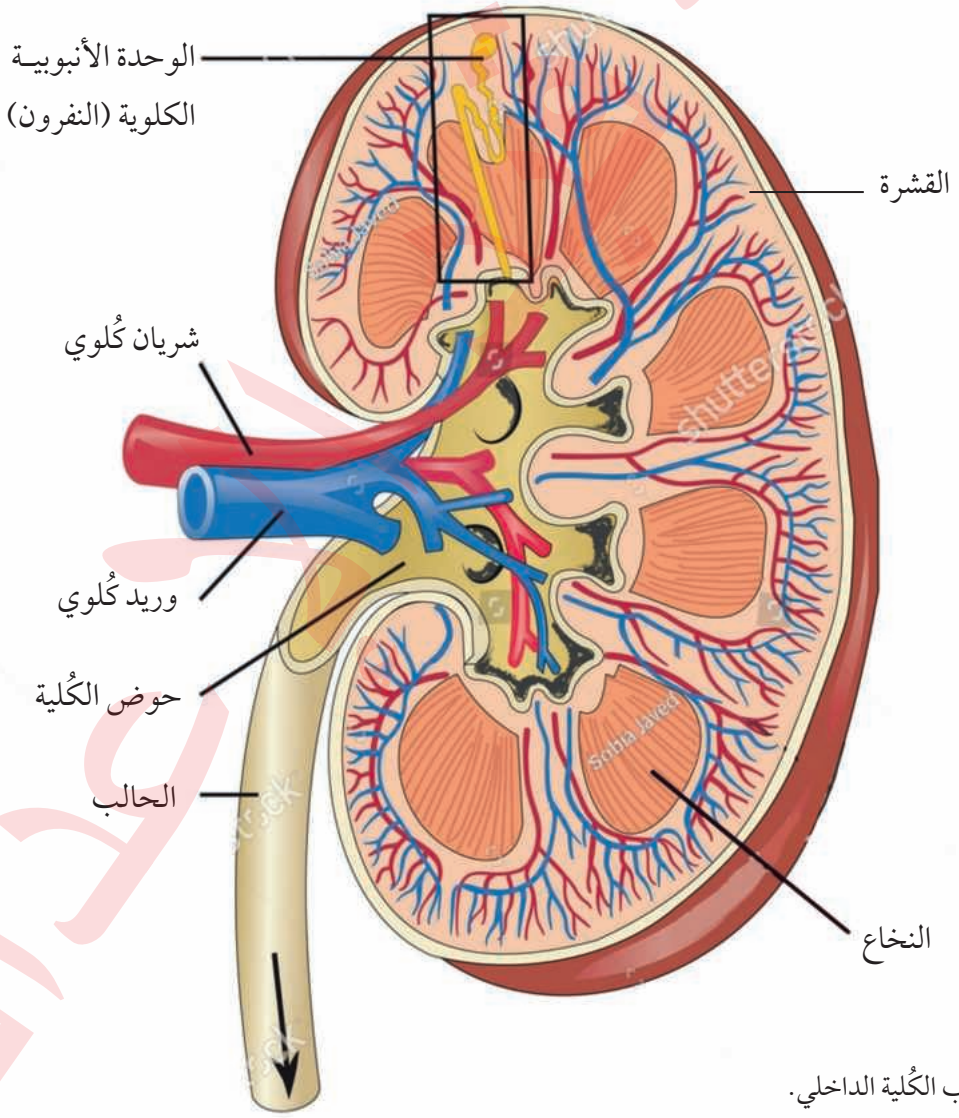
الشكل (1): أعضاء جهاز الإخراج في جسم الإنسان.

تركيب الكُلية الداخلي Internal Structure of the Kidney

تحـوي الكُليـة من الداخـل ثـلاث مناطق رئيسـة، هي: المنطقـة الخارجيـة التي تُسمّى القشرة Cortex، والمنطقة الوسطى التـي تُسـمّى النخـاع Medulla، والمنطقة التي تقع في عمق الكُلية، وتُسمّى حوض الكُلية Pelvis، ويتجمَّع فيها البول الذي تُكوِّنه الكُلية.

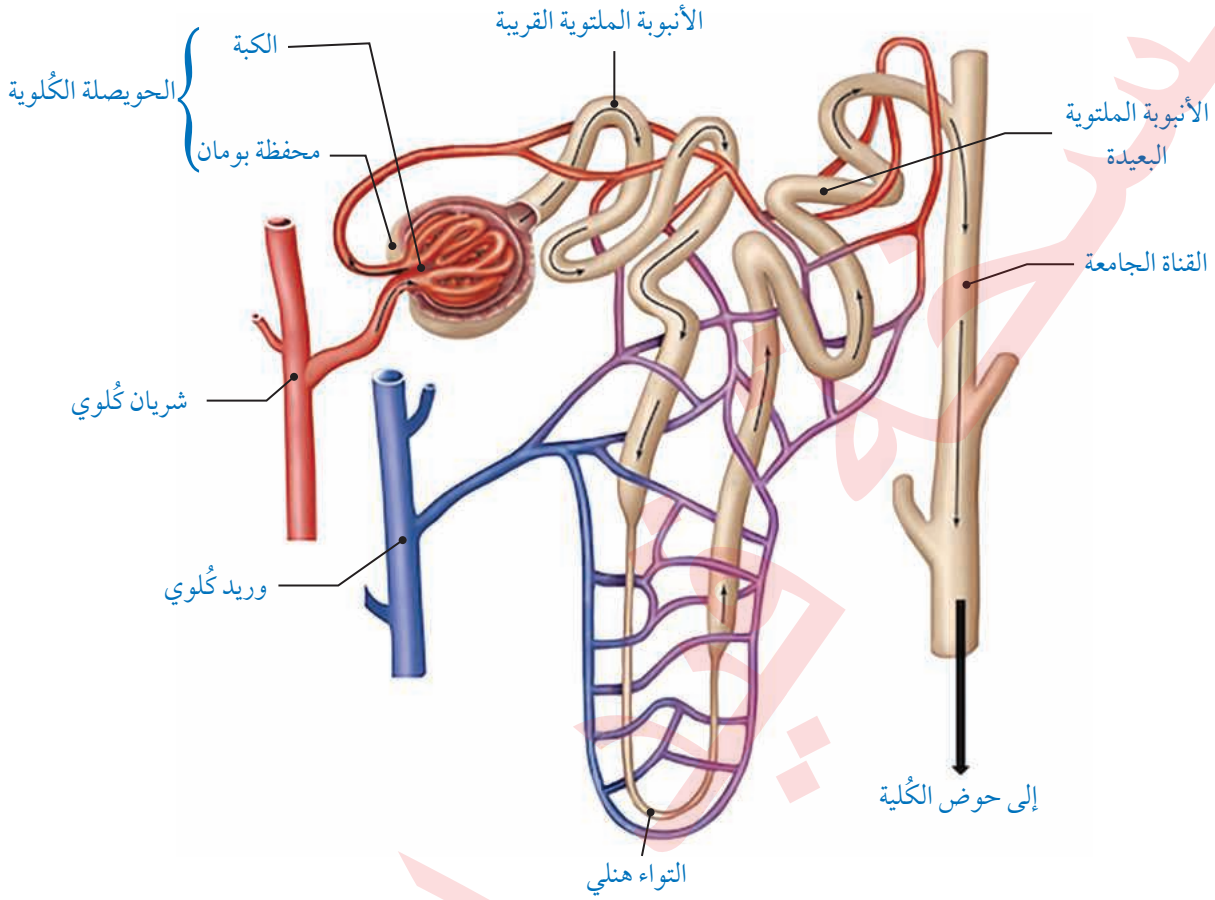
يصل الدم إلى الكُلية عن طريق الشريان الكُلوي المُتفرِّع من الشريان الأبهر، ثم يخرج منها عن طريق الوريد الكُلوي، أنظر الشكل (2).

تحتـوي كل كُليـة على نحـو مليون وحـدة أنبوبية كُلويـة، تُسـمّى **النفرونات Nephrons**، وتعمل الوحدات الأنبوبية الكُلوية بوصفها وحدة واحدة.



الشكل (2): تركيب الكُلية الداخلي.

أُحدِّد المناطق الرئيسة للكُلية.



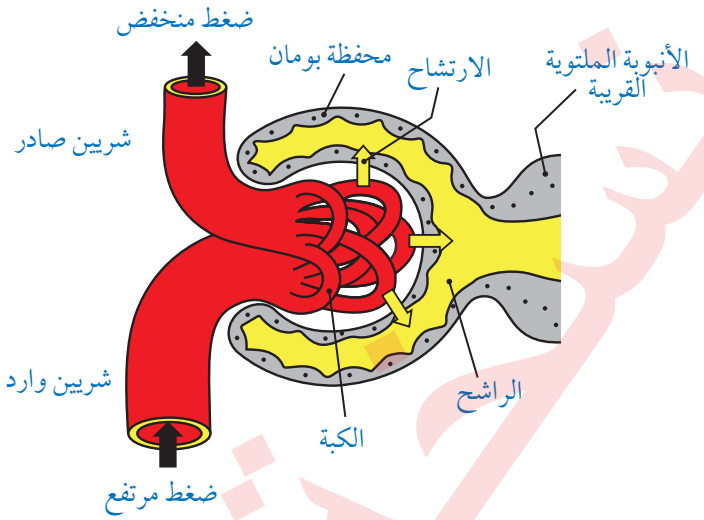
الشكل (3): تركيب الوحدة الأنبوبية الكُلوية.

تركيب الوحدة الأنبوبية الكُلوية

Structure of the Kidney Tubular Unit

تتألَّف الوحدة الأنبوبية الكُلوية (النفرون) من الحويصلة الكُلوية التي تضم الكبة ومحفظة بومان، ومن الأنبوبة الملتوية القريبة، والتواء هنلي، والأنبوبة الملتوية البعيدة. ويرى بعض العلماء أنَّ القناة الجامعة هي أحد أجزاء الوحدة الأنبوبية الكُلوية، أنظر الشكل (3).

✓ **أتحقَّق:** أُحدِّد الأجزاء التي تتألَّف منها الوحدة الأنبوبية الكُلوية.



الشكل (4): أجزاء الحويصلة الكُلوية (محفظة بومان، والكبة) التي يحدث فيها عملية الترشيح الكبيبي.

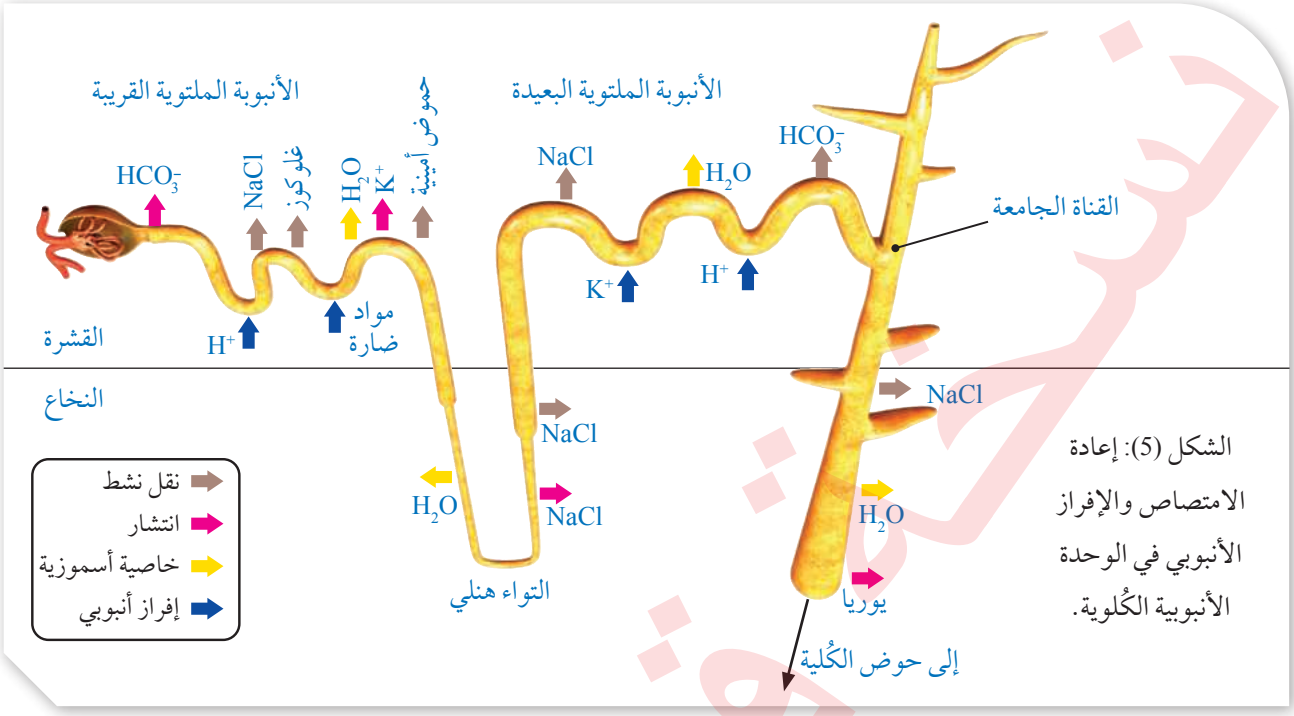
تكوُّن البول في الكُليتين Urine Formation in the Kidneys

تعمل الكُليتان على تكوين البول عن طريق ثلاث عمليات، هي: الترشيح الكبيبي، وإعادة الامتصاص، والإفراز الأنبوبي.

الترشيح الكبيبي Glomerular Filtration

تستقبل الكُلية الدم من الشريين الوارد المُتفرِّع من الشريان الكُلوي حيث يكون ضغط الدم عاليًا بما يكفي لدفع الماء والمواد الصغيرة الحجم الذائبة فيه (مثل: الغلوكوز والأملاح) إلى شبكة الشعيرات الدموية في الكبة ضمن عملية تُسمّى **الترشيح الكبيبي Glomerular Filtration**. يحدث الترشيح الكبيبي في الحويصلة الكُلوية التي تتألَّف من الكبة ومحفظة بومان. أمّا خلايا الدم الحمراء والجزيئات الكبيرة الحجم، مثل بروتينات البلازما، فلا ترشح. ويُطلَق على المواد التي ترشح اسم الراشح الكبيبي، وتُسمّى اختصارًا الراشح Filtrate. ونظرًا إلى الرقة والنفاذية العالية التي تمتاز بها جدران كلٍّ من محفظة بومان والشعيرات الدموية في الكبة، فإنَّ معظم السائل في الكبة يتدفَّق داخل محفظة بومان، ثم يتدفَّق الراشح إلى بقية أجزاء الوحدة الأنبوبية الكُلوية، أنظر الشكل (4).

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح العوامل التي تعتمد عليها عملية الترشيح الكبيبي في الحويصلة الكُلوية.



الشكل (5): إعادة الامتصاص والإفراز الأنبوبي في الوحدة الأنبوبية الكُلوية.

أفكّر لماذا يُستخدَم فحص البول للكشف عن وجود المخدرات في بول الشخص المُشتبَه به بالرغم من أنَّ البول يتكوَّن غالبًا من ماء وأملاح؟

الربطُ بعلم وظائف الاعضاء

ينظّم الإفراز الأنبوبي الرقم الهيدروجيني في الدم عن طريق الحفاظ على التوازن الحمضي القاعدي. تسهم الكليتان، إلى جانب أعضاء أخرى مثل الرئتين، في ضبط هذا التوازن لضمان بقاء الرقم الهيدروجيني للدم ضمن نطاق (7.35–7.45). تتحكم الرئتان في مستوى غاز CO_2، في حين تتخلص الكليتان من أيونات الهيدروجين الزائدة وتطرحها خارج الجسم عن طريق عملية الإفراز الانبوبي، وتعيد امتصاص أيونات الكربونات الهيدروجينية، وهذا بدوره يساعد على تنظيم درجة حموضة الدم.

إعادة الامتصاص Reabsorption

يحتوي الراشح، إضافةً إلى اليوريا، على مواد يحتاج إليها الجسم، مثل: الماء، والغلوكوز، والأملاح، والحموض الأمينية، وبعض الفيتامينات؛ لذا يعاد امتصاص معظم هذه المواد، في ما يُعرَف بعملية **إعادة الامتصاص Reabsorption.**

يتكوَّن 180 L من الراشح يوميًّا، ثم يُعاد امتصاص ما نسبته 99% من الراشح في أجزاء الوحدة الأنبوبية الكُلوية باستثناء أجزاء الحويصلة الكُلوية. يُعاد امتصاص معظم ما يَلزم الجسم من مواد عن طريق الأنبوبة الملتوية القريبة، أنظر الشكل (5).

تحدث عملية إعادة امتصاص المواد التي تَلزم الجسم (مثل: الأملاح، والفيتامينات، والحموض الأمينية، والغلوكوز) إمّا عن طريق النقل النشط، وإمّا عن طريق الانتشار. أمّا عملية إعادة امتصاص الماء فتكون عن طريق الخاصية الأسموزية حيث يتلاءم تركيب الأنبوبة الملتوية القريبة مع عملية إعادة الامتصاص بفضل وجود عدد كبير من الخملات الدقيقة (Microvilli) في الخلايا الطلائية المبطنة لها، مما يزيد بشكل كبير من مساحة السطح ويعزّز عملية إعادة الامتصاص. وتحتوي خلايا الأنبوبة على عدد كبير من الميتوكندريا التي توفّر ATP اللازمة لعملية النقل النشط لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم التي يعاد امتصاصها بفعالية.

الإفراز الأنبوبي Tubular Secretion

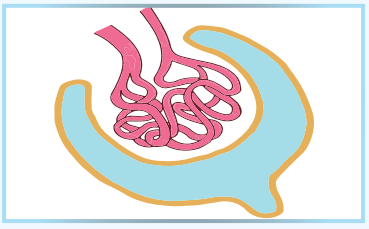
تُضاف إلى الراشح بعض المواد الضارة أو الزائدة على حاجة الجسم التي لم

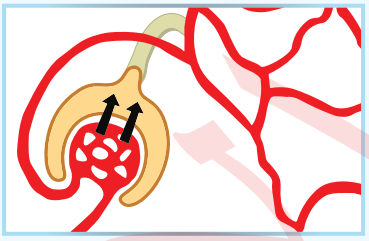
تُفصَل في عملية الترشيح (مثل: أيونات الهيدروجين، ونواتج أيض بعض العقاقير والمواد السامة) عن طريق عملية تُسمّى **الإفراز الأنبوبي Tubular Secretion.** تنتقل هذه المواد من الدم في الشعيرات الدموية المحيطة بالوحدة الأنبوبية الكُلوية إلى داخل الأنبوبة الملتوية القريبة، والأنبوبة الملتوية البعيدة، والقناة الجامعة عن طريق النقل النشط، والانتشار.

✓ **أتحقَّق:** مـا التغيُّـرات التـي تحدث على الراشـح في أثناء مروره في بقية أجـزاء الوحدة الأنبوبية الكُلوية؟

نشاط

نموذج وحدة أنبوبية كُلوية





المواد والأدوات: سلك قابـل للثنـي طولـه 1.5 m، زرّادية، مقص، خيط صـوف أحمر طولـه 2 m.

إرشادات السلامة: استعمال الزرّادية بحذر.

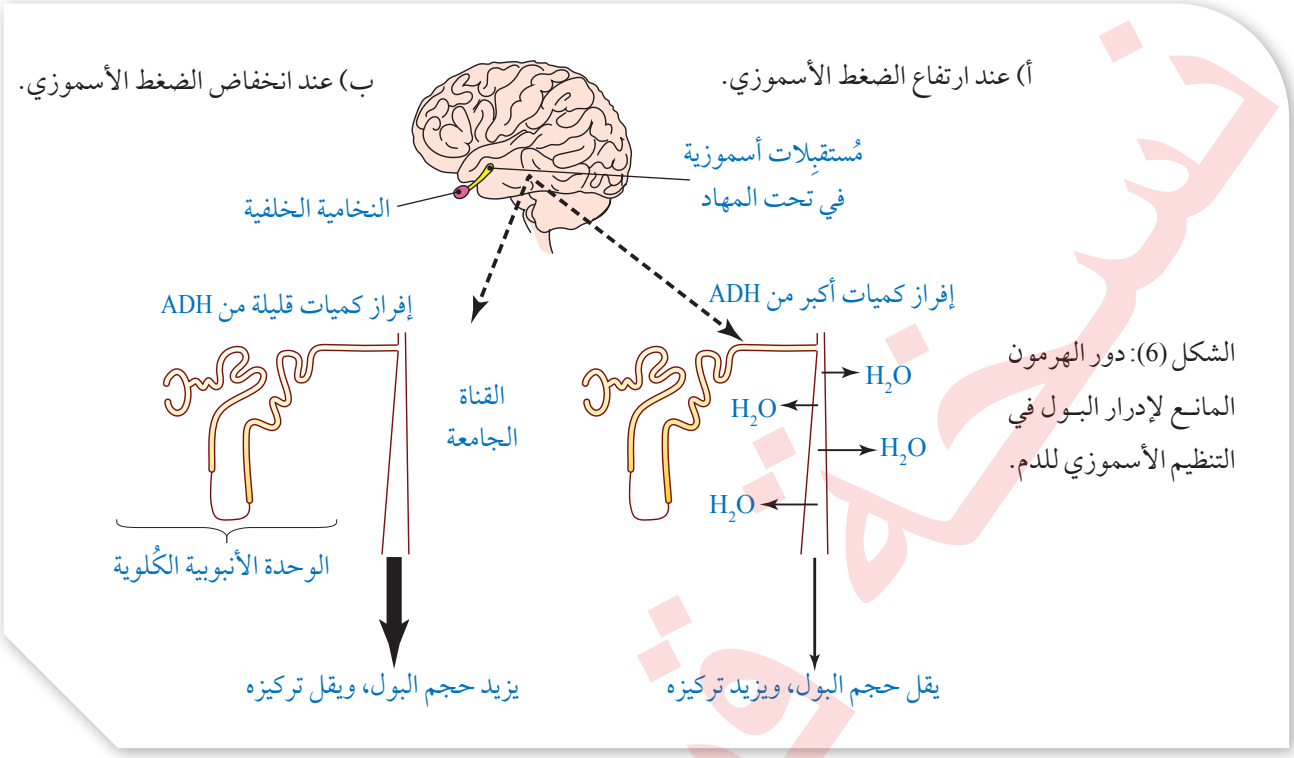
خطوات العمل:

أُصمّم نموذجًا:

1. **أجرّب:** أستخدم الزرّادية لقص 30 cm من السلك.
2. أثني السلك المقصوص من المنتصف، ثم أُشكّل منه قطعة مزدوجة على هيئة كأس جوفاء.
3. **أجرّب:** أُثبّت طرفي هذا السلك عن طريق البرم أو الجدل باستخدام الزرّادية.
4. أعمل انثناءات في الطرف الحر للسلك تُماثِل بقية أجزاء الوحدة الأنبوبية الكُلوية.
5. أُشكّل من خيط الصوف الأحمر شبكة ملتفة، ثم أضعها داخل الكأس، وأحتفظ بطرفيه في يدي.
6. ألفُّ أحد طرفي خيط الصوف حول نموذج الوحدة الأنبوبية الكُلوية الذي كوَّنته، وأترك الطرف الآخر حرًّا.

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتج:** ماذا تُمثِّل الشبكة الملتفة من خيط الصوف داخل الكأس؟
2. أُوضّح التلاؤم بين تركيب محفظة بومان وعملية الترشيح الكبيبي.
3. أُحدِّد أجزاء الوحدة الأنبوبية الكُلوية التي تحدث فيها عملية إعادة الامتصاص.
4. **أتوقَّع:** إذا لـم تحدث عمليـة إعـادة الامتصاص، فماذا يحدث لجسمي؟



الشكل (6): دور الهرمون المانع لإدرار البول في التنظيم الأسموزي للدم.

التحكُّم الهرموني في عمل الوحدة الأنبوبية الكُلوية

Hormonal Control of the Kidney Tubular Unit

تُسهِم الهرمونات في تنظيم عمل الكُلية، والتحكُّم في الضغط الأسموزي للدم.

الهرمون المانع لإدرار البول Antidiuretic Hormone ADH

تُعَدُّ آلية عمل الهرمون المانع لإدرار البول للسيطرة على الضغط الأسموزي للدم مثالًا على التغذية الراجعة السلبية، أنظر الشكل (6).

عندما يرتفع تركيز المواد الذائبة في الدم (ارتفاع الضغط الأسموزي) تعمل المُستقبِلات الأسموزية في منطقة تحت المهاد على تحفيز إفراز هرمون ADH من الغُدَّة النخامية الخلفية. ويعمل هذا الهرمون على زيادة نفاذية الأنبوبة الملتوية البعيدة والقناة الجامعة للماء؛ لذا يُعاد امتصاص ماء أكثر من الراشح إلى الدم؛ فتزيد نسبة الاحتفاظ بالماء، وينقص الضغط الأسموزي للدم، وينقص حجم البول، ويزيد تركيزه.

أمّا عند انخفاض الضغط الأسموزي للدم فإنَّ كمية أقل من هرمون ADH تُفرَز؛ ما يُقلِّل من نفاذية الأنبوبة الملتوية البعيدة والقناة الجامعة للماء، فيُعاد امتصاص ماء أقل من الراشح إلى الدم؛ فيزيد حجم البول.

أفكّر القهوة مادة مُنبِّهة يؤدي الإكثار من تناولها إلى كثرة التبوُّل. أتوقَّع تأثيرها في إفراز الهرمون المانع لإدرار البول ADH.

✓ **أتحقَّق:** أَصِف تأثير الهرمون المانع لإدرار البول ADH في حجم البول وتركيزه عند ارتفاع الضغط الأسموزي للدم.

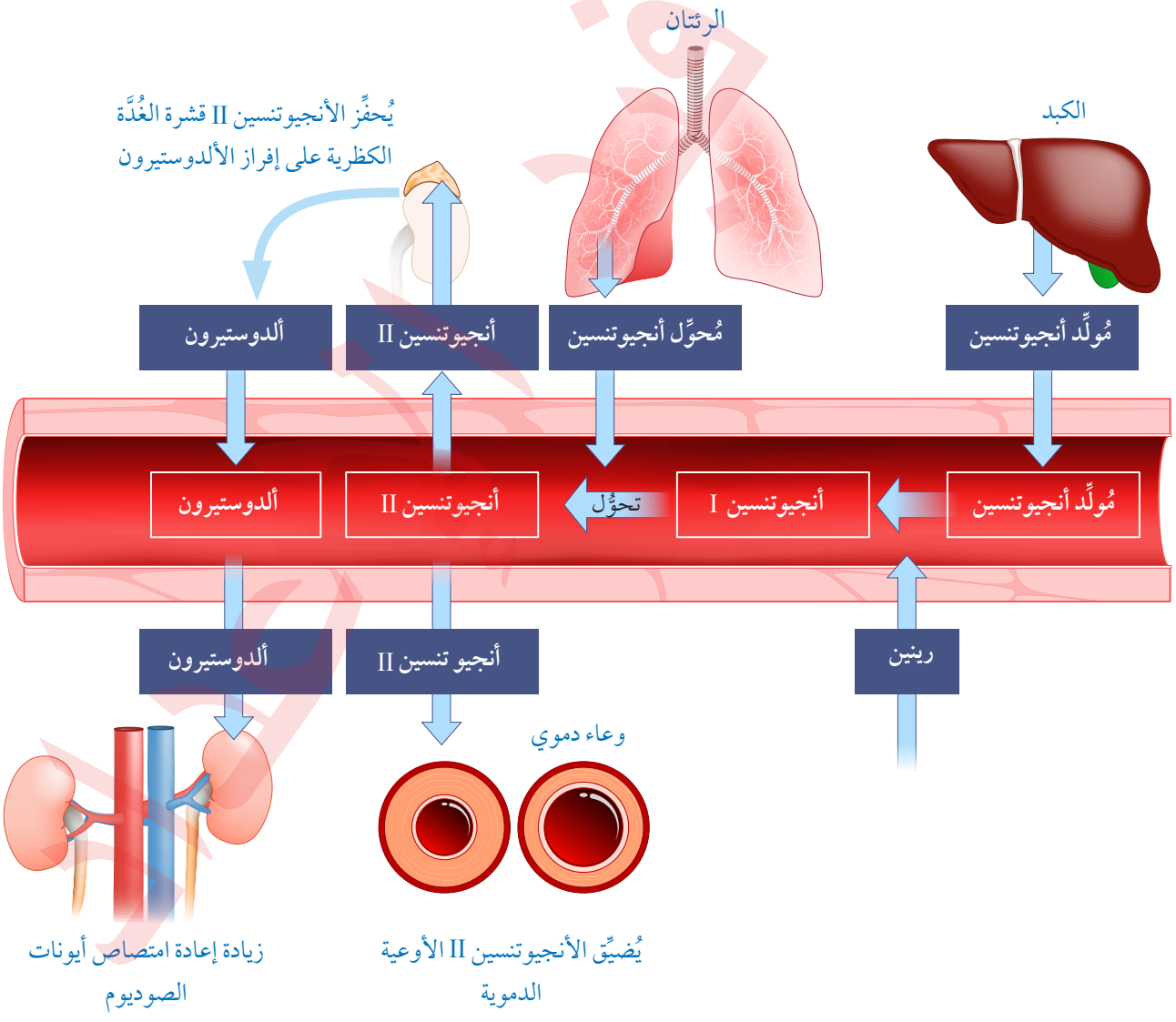
نظام رينين- أنجيوتنسين- ألدوستيرون
Renin–Angiotensin–Aldosterone System

أ . حالة انخفاض حجم الدم وضغطه
Low Blood Volume and Pressure

يؤدي انخفاض حجم الدم الوارد إلى الكُليتين (بعد فقدان الدم عند حدوث نزيف مثلًا) إلى انخفاض ضغطه؛ ما يُحفِّز الخلايا قرب الكبيبية (خلايا مُتخصِّصة في جدران الشريين الوارد إلى الكُلية) على إفراز إنزيم رينين Renin إلى الدم مباشرة. ثم يبدأ الرينين الموجود في بلازما الدم سلسلة من التفاعلات لإنتاج الأنجيوتنسين II، أنظر الشكل (7).

الشكل (7): نظام رينين -أنجيوتنسين- ألدوستيرون.

أُوضِّح تأثير الأنجيوتنسين II على الأوعية الدموية.



يُعَدُّ الألدوستيرون Aldosterone جزءًا من نظام الرينين- أنجيوتنسين- ألدوستيرون. وتؤدي زيادة إعادة امتصاص أيونات الصوديوم إلى انتقال الماء من الأنابيب الملتوية البعيدة والقنوات الجامعة إلى السائل النسيجي، ومنه إلى الدم وفقًا للخاصية الأسموزية، فيزداد حجم الدم، ويرتفع ضغطه.

أتحقَّق: أُوضِّح تأثير زيادة إفراز قشرة الغُدَّة الكظرية لهرمون الألدوستيرون على تنظيم حجم الدم وضغطه.

ب. حالة ازدياد حجم الدم وضغطه High Blood Volume and Pressure

عند زيادة حجم الدم وضغطه تُفرِز خلايا مُتخصِّصة في الأذينين (في القلب) العامل الأذيني المُدِرَّ للصوديوم Atrial Natriuretic Factor الذي يُثبِّط إفراز إنزيم الرينين، ثم يُثبِّط سلسلة التفاعلات التي تؤدي إلى إنتاج الأنجيوتنسين II؛ ما يُثبِّط إفراز الألدوستيرون من قشرة الغُدَّة الكظرية، فتقل عمليات إعادة امتصاص أيونات الصوديوم والماء، وبذلك يقل حجم الدم وضغطه.

أتحقَّق: أُوضِّح تأثير زيادة إفراز الجسم للعامل الأذيني المُدِرِّ للصوديوم من الأذينين في حجم الدم وضغطه.

أُفكِّر لماذا تختلف كمية البول التي تُطرَح من جسمي تبعًا لاختلاف كمية السوائل التي أشربها، والمجهود البدني الذي أبذله؟

الربط بالطب والتكنولوجيا

الهندسة الحيوية الأمل الجديد لمرضى الكُلى

تمكَّن العلماء من تطوير كُلى صناعية باستخدام خلايا الكُلى الحية، جنبًا إلى جنب مع رقائق دقيقة مُتخصِّصة. تبدأ هذه العملية بأخذ خلايا كُلى حية من المريض، ثم معالجتها لتنمو في المختبر حول رقائق الشريحة بحيث تحاكي الكُلية الحقيقية، ثم يُثبَّت الجهاز المُهجَّن بيولوجيًّا والصغير الحجم داخل جسم المريض.

اختُبِر جهاز الكُلى الصناعية لضمان فاعليته وسلامته قبل وضعه في جسم الإنسان. وفي حال ثبتت كفاءة هذا الجهاز، فقد لا يخضع المريض المصاب بالفشل الكُلوي لجلسات غسيل الكُلى، ولا يحتاج إلى كُلية طبيعية من مُتبرِّع أو متبرّعة، لا سيَّما في ظلِّ انخفاض أعداد المُتبرِّعين والمتبرّعات.

بعض مشكلات جهاز الإخراج
Some of Excretion System Disorders

الفشل الكلوي Renal Failure

حالـة مرضيـة تحدث عندما تفقـد الكليتان القدرة على أداء وظائفها بشـكل فعـال، توجـد أسـباب عدة تـؤدي إلى الفشـل الكلـوي، مثل: مرض السـكري، وارتفـاع ضغـط الـدم، والتهـاب الكلـى، أو بعض الأمـراض الوراثيـة. من أبرز أعـراض هـذا المـرض: التعـب والإرهـاق، وتغيـرات في كميـة البـول، وتورّم فـي السـاقين والقدميـن والكاحليـن، والغثيـان، وقـد يشـمل العـلاج الأدويـة، وغسـيل الكلـى، أو زراعـة الكلى فـي الحـالات المتقدمة.

حصى الكلى Urolithiasis

هو اضطراب شائع في الجهاز البولي يحدث عندما تترسّب بعض الأملاح المعدنية الموجودة في البول لتتشكّل بلورات صُلبة، وتجمُّعها يكوّن حصوات. من العوامل المُسبّبة للحصى: تناول بعض الأدوية، والجفاف، والسمنة، والنظام الغذائي غير الصحي. أما الأعراض الشائعة فتشمل: آلامًا وتشنّجات حادّة في الظهر والخاصرة، وحرقة أثناء التبول، ولون البول الغامق أو الأحمر نتيجة نزول الدم. ويعتمد علاج حصى الكلى على موقعها وحجمها، وقد يشمل الأدوية، وتفتيت الحصى بالتنظير، أو الجراحة.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ما أعضاء جهاز الإخراج؟

2. أُحدِّد المفهوم الذي لا ينسجم مع بقية المفاهيم في ما يأتي، وأفسّر سبب اختياري إيّاها:
   - الكُلية –تحت المهاد– النخامية الأمامية.
   - الكبة –محفظة بومان– الأنبوبة الملتوية القريبة.

3. أُوضِّح وظائف الكُليتين.

4. أُوضِّح دور الجهاز العصبي في تنظيم الضغط الأسموزي للدم.

5. **أُقارِن** بين دور كلٍّ من إنزيم الرينين والعامل الأذيني المُدِرِّ للصوديوم في تنظيم حجم الدم وضغطه كما في الجدول الآتي:

اسم الهرمون / وجه المقارنة	المُنبِّه	نوع المُستقبِلات، ومكان وجودها	التأثير
إنزيم الرينين			
العامل الأذيني المُدِرُّ للصوديوم			

6. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:**

1. الفضلات النيتروجينية التي تتكون في الكبد ويحوّلها إلى يوريا، تنتج عن أيض:
   أ . الكربوهيدرات. ب. الحموض النووية. جـ. الحموض الأمينية. د. الحموض الدهنية.

2. المنطقة التي تقع في عمق الكُلية، ويتجمَّع فيها البول الذي تُكوِّنه الكُلية، هي:
   أ . النخاع. ب. القشرة. جـ. النفرون. د. حوض الكلية.

3. جميع الأجزاء الآتية من مُكوِّنات النفرون **باستثناء**:
   أ . الحويصلة الكُلوية. ب. القشرة.
   جـ. الأنبوبة الملتوية البعيدة. د . الأنبوبة الملتوية القريبة.

4. العملية التي تضيف بعض المواد الضارة مثل أيونات الهيدروجين إلى الراشح في أجزاء من النفرون، هي:
   أ . الإفراز الأنبوبي. ب. إعادة الامتصاص.
   جـ. الترشيح. د . الخاصية الإسموزية.

5. يزيد حجم البول عند:
   أ . زيادة إفراز هرمون ADH. ب. وقف إفراز العامل الأذيني المُدِرِّ للصوديوم.
   جـ. زيادة إفراز هرمون الألدوستيرون. د . نقص إفراز هرمون ADH.

الأجهزة التناسلية: التركيب والوظيفة وبعض مشكلاته
Reproductive Systems:Structure and Function and some of its Problems

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

يُعَدُّ التكاثر الجنسي عملية ضرورية لبقاء نوع الإنسان، ونقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء.

نتاجات التعلُّم:

- أَصِف تركيب الأجهزة التناسلية.
- أتتبَّع التغيُّرات الشهرية في نشاط الجهاز التناسلي الأنثوي.
- أُوضِّح عمليات التكاثر والتطوُّر الجنيني وإفراز الحليب من الأم.
- أُوضِّح أهمية الطرائق المختلفة في تنظيم النسل.
- أُبيِّن أهمية التقنيات الحديثة في المساعدة على الإخصاب والحمل.
- أصف بعض مشكلات الأجهزة التناسلية.

المفاهيم والمصطلحات:

السائل المنوي	Semen
دورة المبيض	Ovarian Cycle
دورة الرحم	Uterine Cycle
الجسم الأصفر	Corpus Luteum
الحوصلة البلاستولية	Blastocyst
الانغراس	Implantation
الغشاء الرهلي	Amnion
المشيمة	Placenta

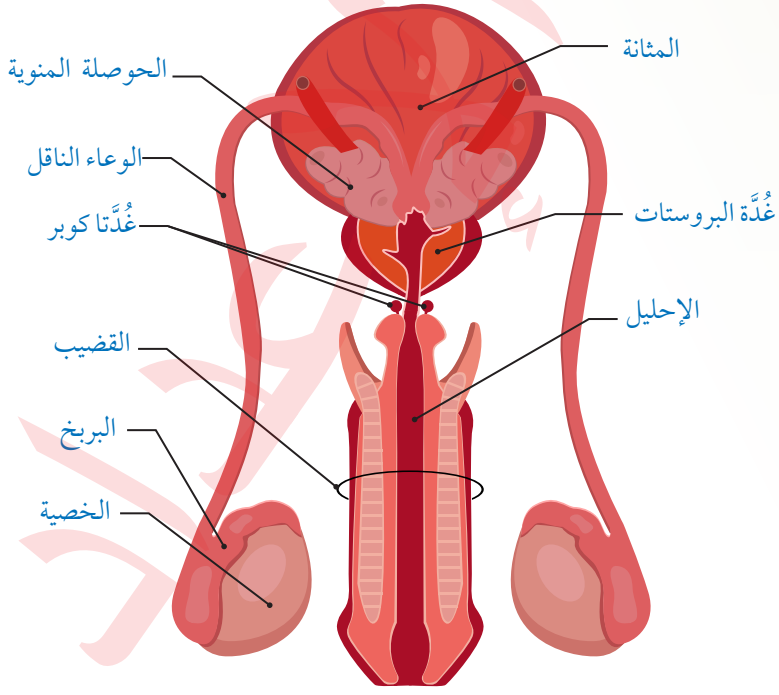
الأجهزة التناسلية Reproductive Systems

تَنتج الجاميتات من الخصيتين في الجهاز التناسلي الذكري، ومن المبيضين في الجهاز التناسلي الأنثوي. وتؤدي أعضاء أُخرى في الأجهزة التناسلية وظائف مُتعدِّدة لتهيئة الظروف الملائمة لعملية التكاثر.

الجهاز التناسلي الذكري The Male Reproductive System

يتكوَّن الجهاز التناسلي الذكري من أجزاء عِدَّة، أنظر الشكل (8). منها الخصيتان Testes؛ وهما غُدَّتان تُفرِزان الهرمون الجنسي الذكري التستوستيرون، وفيهما تتكوَّن الحيوانات المنوية.

تتكوَّن الخصيتان في المراحل الجنينية في تجويف البطن، لكنَّهما تهبطان قبل الولادة بشهرين تقريبًا إلى كيس خارج تجويف البطن يُسمّى كيس الصفن Scrotum. ونظرًا إلى وجود هذا الكيس خارج الجسم؛ فإنَّه يُوفِّر درجة الحرارة المناسبة (التي قد تصل إلى 34°C) لتكوين الحيوانات المنوية.



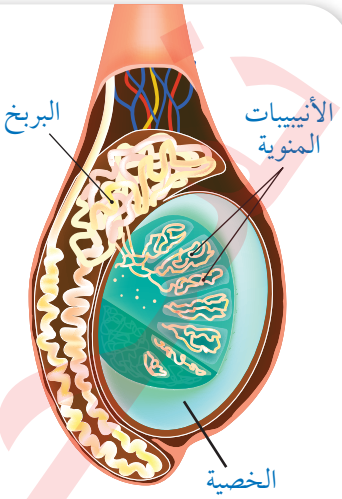
الشكل (8): الجهاز التناسلي الذكري عند الإنسان.

تحتوي الخصية على عدد كبير من الأنيبيبات المنوية Seminiferous Tubules التي تتكوَّن فيها الحيوانات المنوية، وتُفرِز الخلايا البينية الواقعة بين الأنيبيبات المنوية هرمون التستوستيرون المسؤول عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية للذكر.

تنتقل الطلائع المنوية بعد تكوُّنها من الأنيبيبات المنوية في الخصية إلى البربخ Epididymis؛ وهو أنبوب شديد الالتواء، تنضج فيه الحيوانات المنوية، فتكتسب القدرة على الحركة والإخصاب، وتُختزَن فيه، أنظر الشكل (9).

تغادر بعض الحيوانات المنوية الناضجة البربخ، مُنتقِلة إلى الوعاءين الناقلين Vas Deferens اللذين ينقلان الحيوانات المنوية من الخصيتين، ويلتقيان مع قناة بولية تناسلية مشتركة تُسمّى الإحليل Urethra. وتُفرِز غُدد تناسلية سوائل لتغذية الحيوانات المنوية وحمايتها في أثناء مرورها بالجهاز التناسلي الأنثوي، أنظر الشكل (10).

وما إنْ تختلط السوائل التي تُفرِزها الغُدد التناسلية مع الحيوانات المنوية حتى يتكوَّن **السائل المنوي Semen**. ينقل الإحليل الحيوانات المنوية وإفرازات الغُدد التناسلية إلى خارج جسم الذكر عن طريق القضيب.



الشكل (9): الأنيبيبات المنوية في الخصية.

أفكّر إذا لم تهبط الخصيتان إلى كيس الصفن، فماذا يحدث؟

الشكل (10): الغُدَد التناسلية الذكرية وإفرازاتها.

أُوضِّح أهمية إفرازات غُدَّة البروستات.

الحوصلتان المنويتان Seminal Vesicles
- تُفرِزان سائلًا قلويًّا غنيًّا بسكر الفركتوز، تستخدمه الحيوانات المنوية مصدرًا للطاقة.

غُدَّة البروستات Prostate Gland
تُسهِم إفرازاتها في:
- توفير وسط قاعدي تتراوح درجة حموضته pH بين (7.1) و (8.1).
- تخفيف لزوجة السائل المنوي لتسهيل حركة الحيوانات المنوية.

غُدَّتا كوبر Cowper's Glands
- تُفرِزان سائلًا قلويًّا يُسهِم في معادلة بقايا البول الحمضي في الإحليل وحموضة المهبل.

✓ **أتحقَّق:** أذكر اسم الغُدَّة التي تُسهِم إفرازاتها في ما يأتي:
- إمداد الحيوان المنوي بالطاقة.
- معادلة الحموضة في الإحليل والمهبل.

الجهاز التناسلي الأنثوي Female Reproductive System

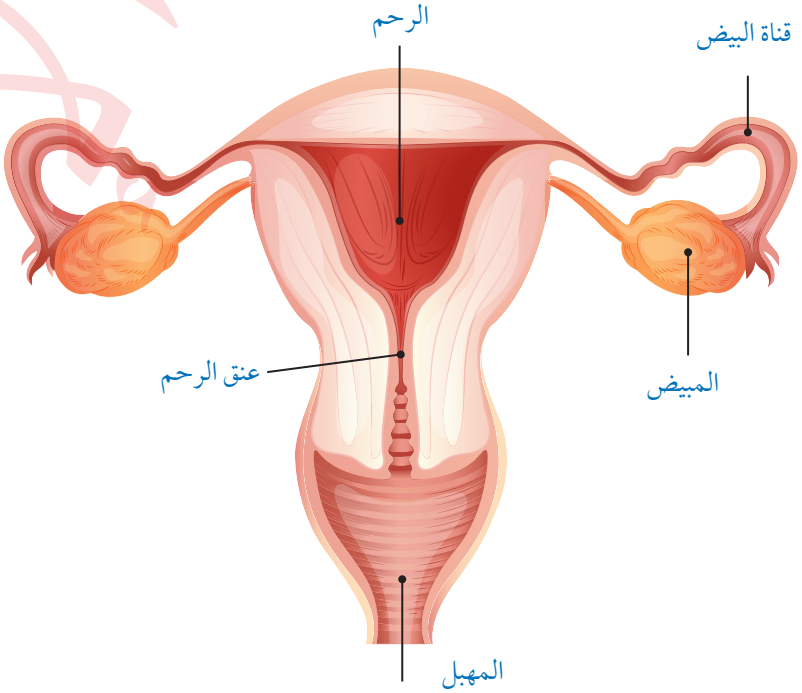
الجهاز التناسلي الأنثوي هو المسؤول عن إنتاج البويضات، والهرمونات الجنسية الأنثوية، مثل: الإستروجين Estrogen، والبروجسترون Progesterone، فضلًا عن تهيئة المكان المناسب للإخصاب، ونمو الجنين وتغذيته حتى الولادة.

يتكوَّن هذا الجهاز من أجزاء عِدَّة، أنظر الشكل (11) ، منها المبيضان Ovaries؛ وهما غُدَّتان تُنتِجان البويضات، والهرمونات الجنسية الأنثوية، وتقعان أسفل تجويف البطن على جانبي الرحم Uterus؛ وهو عضو عضلي مُجوَّف يُماثِل حجمه حجم قبضة يد صغيرة تقريبًا، ويُمكِنه التمدُّد؛ ما يسمح للجنين بالنمو والتغذية طوال مدَّة الحمل والولادة.

يوجد على جانبي الرحم قناتا البيض (قناتا فالوب) Fallopian Tubes اللتان تلتقطان الخلية البيضية الثانوية الخارجة من المبيض، وتساعد حركة الأهداب المُبطِّنة لهما على انتقال هذه الخلية إلى الرحم. أمّا عنق الرحم Cervix فيوجد في الطرف السفلي من الرحم، ويؤدي إلى المهبل Vagina؛ وهو عضو عضلي مرن يؤدي إلى خارج جسم الأنثى، ويُمثِّل القناة التي يخرج منها الوليد في أثناء عملية الولادة، أنظر الشكل (11).

أتحقَّق: أُوضِّح التلاؤم بين التركيب والوظيفة في كلٍّ ممّا يأتي:

- تركيب الرحم مع وظيفة الحمل.
- قناة البيض مع التقاط الخلية البيضية الثانوية ونقلها إلى الرحم.



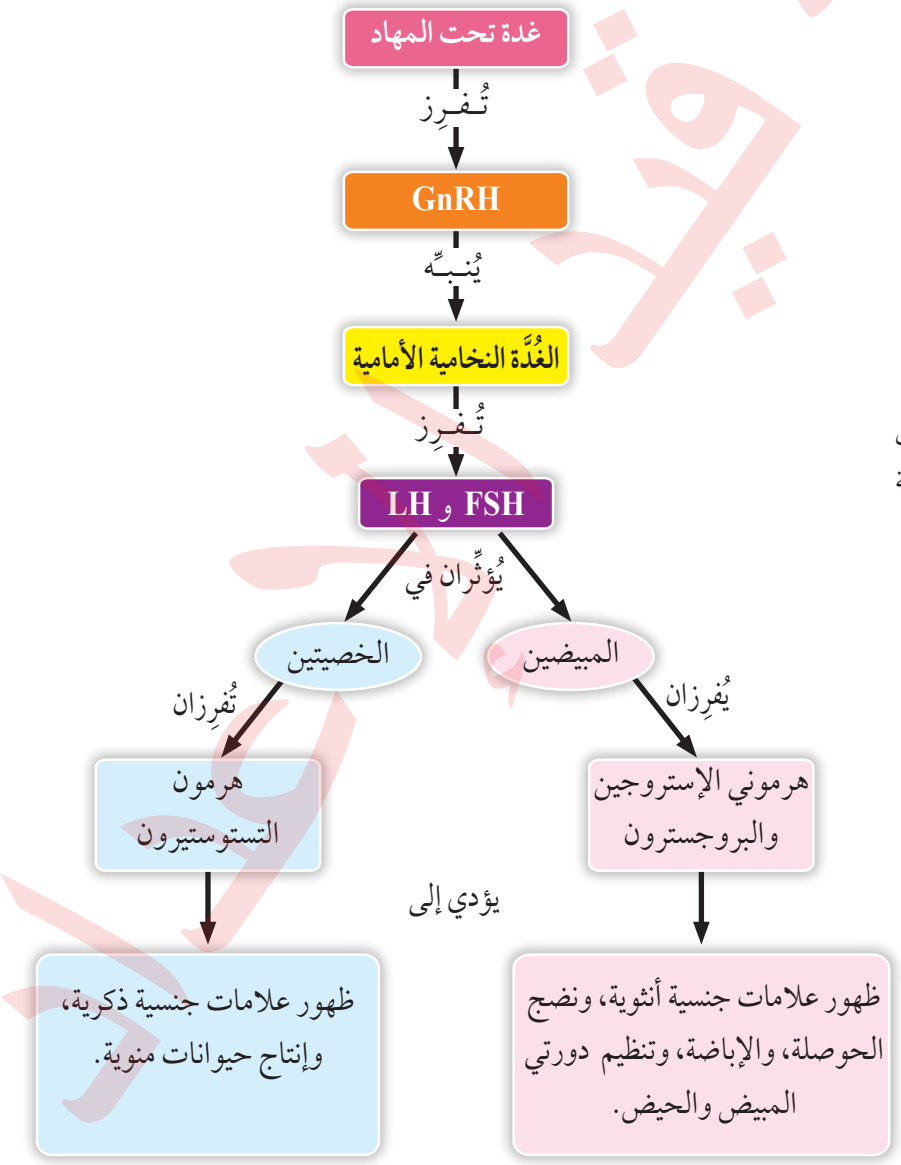
الشكل (11): الجهاز التناسلي الأنثوي.

التحكُّم الهرموني في تكوين الجاميتات

Hormonal Control of Gametes Formation

تُفرِز غُدَّة تحت المهاد في سن البلوغ الهرمون المُحفِّز لإفراز هرمونات الغُدد التناسلية للذكر والأنثى Gonadotropin Releasing Hormone GnRH، ويُنبِّه هذا الهرمون الغُدَّة النخامية الأمامية لكي تُفرِز الهرمون المُنبِّه للحوصلة Follicle Stimulating Hormone FSH، والهرمون المُنبِّه للجسم الأصفر Luteinizing Hormone LH. وتختلف وظيفة كلٍّ من هذين الهرمونين في الذكر والأنثى، أنظر الشكل (12).

أتحقَّق: أُحدِّد الأعضاء التي تُؤثِّر فيها الهرمونات LH و FSH في كلٍّ من الذكر والأنثى.



الشكل (12): التحكُّم الهرموني في الغُدد التناسلية الذكرية والأنثوية.

نسخة تجريبية

تكوين الجاميتات Gametogenesis

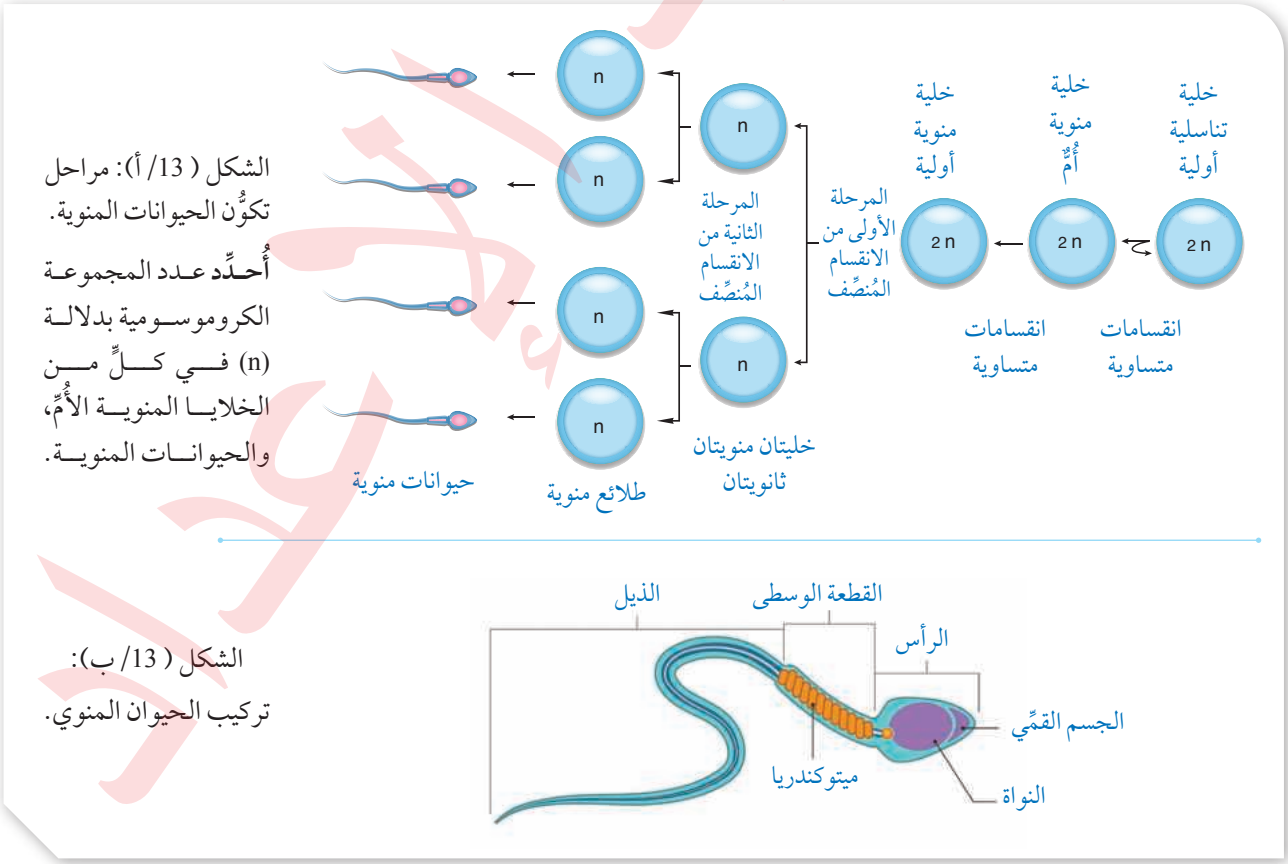
تتكوَّن الجاميتات في جسم الإنسان عن طريق عملية الانقسام المُنصِّف، فتنتج جاميتات أحادية المجموعة الكروموسومية (1n) تحوي (23) كروموسومًا.

تكوُّن الحيوانات المنوية Spermatogenesis

تبدأ عملية تكوُّن الحيوانات المنوية في سن البلوغ؛ إذ يُحفِّز الهرمون المُنبِّه للجسم الأصفر LH الخلايا البينية التي تُسمّى خلايا لايدج Leydig Cells على إفراز هرمون التستوستيرون الذي يعمل معه الهرمون المُنبِّه للحوصلة FSH على تحفيز إنتاج الطلائع المنوية في الأنيبيبات المنوية. ثم تبدأ الخلايا التناسلية الأولية Primordial Germ Cell (خلايا جذعية تناسلية) بالانقسام انقسامات متساوية عِدَّة، فتتحوَّل إلى خلايا منوية أُمٍّ، أنظر الشكل (13/ أ).

يتكوَّن الحيوان المنوي الناضج من ثلاثة أجزاء، هي: الرأس، والقطعة الوسطى، والذيل، أنظر الشكل (13/ ب).

الشكل (13): مراحل تكوُّن الحيوانات المنوية، وتركيب الحيوان المنوي.



الشكل (13/ أ): مراحل تكوُّن الحيوانات المنوية.

أُحدِّد عدد المجموعة الكروموسومية بدلالة (n) في كلٍّ من الخلايا المنوية الأُمِّ، والحيوانات المنوية.

الشكل (13/ ب): تركيب الحيوان المنوي.

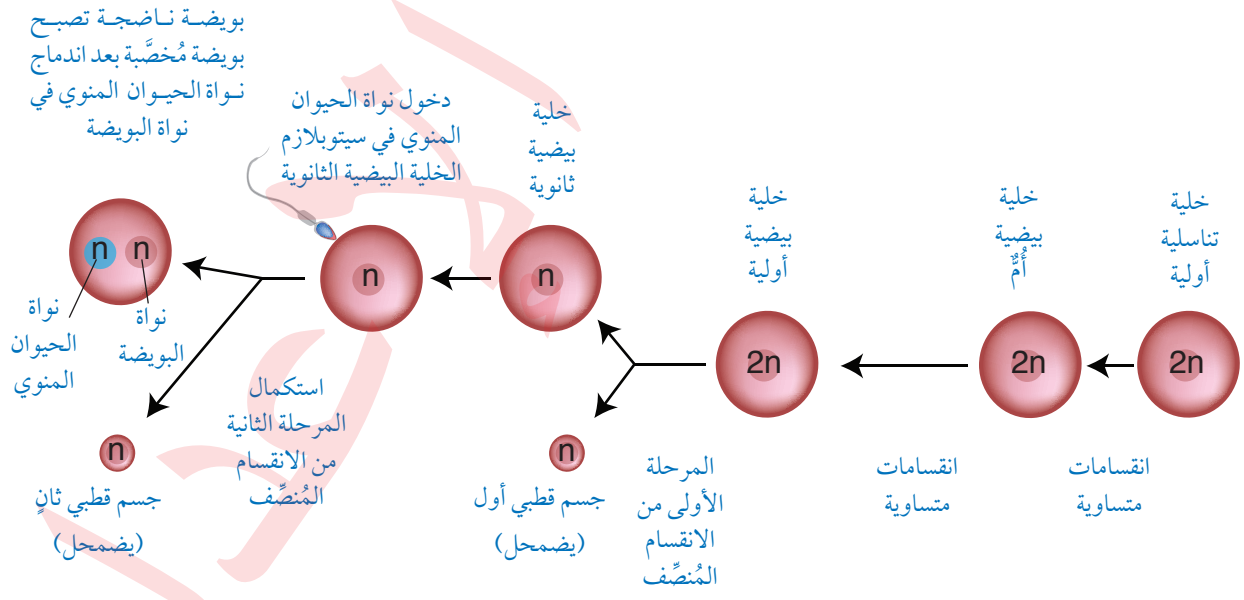
يحتوي الرأس على النواة، وتحتوي مُقدِّمة الرأس على جسم يُسمّى الجسم القمّي Acrosome الذي يُفرِز إنزيمات هاضمة تساعد على اختراق الطبقات المحيطة بالخلية البيضية الثانوية لحدوث الإخصاب. أمّا القطعة الوسطى فتحوي أعدادًا كبيرة من الميتوكندريا التي تمدُّ الحيوان المنوي بالطاقة اللازمة للحركة، في حين يساعد الذيل الحيوان المنوي على السباحة والحركة.

تكوُّن البويضات Oogenesis

تبدأ الخلايا التناسلية الأولية Primordial Germ Cell (خلايا جذعية تناسلية) بالانقسام انقسامات متساوية عِدَّة في المرحلة الجنينية؛ لتكوين خلايا بيضية أُمٍّ تتحوَّل إلى خلايا بيضية أولية Primary Oocyte. بعد ذلك تبدأ المرحلة الأولى من الانقسام المُنصِّف، لكنَّها تتوقف في الطور التمهيدي الأول حتى تصل الأنثى إلى سن البلوغ، أنظر الشكل (14).

أتحقَّق:

أُقارِن بين تكوّن الحيوانات المنوية والبويضات الناضجة من حيث عدد الجاميتات التي تنتج بعد انتهاء المرحلة الثانية من الانقسام المُنصِّف.



الشكل (14): مراحل تكوُّن البويضات.

أُحدِّد رقم المجموعة الكروموسومية بدلالة (n) في كلٍّ من الخلية البيضية الأُمِّ، والخلية البيضية الثانوية.

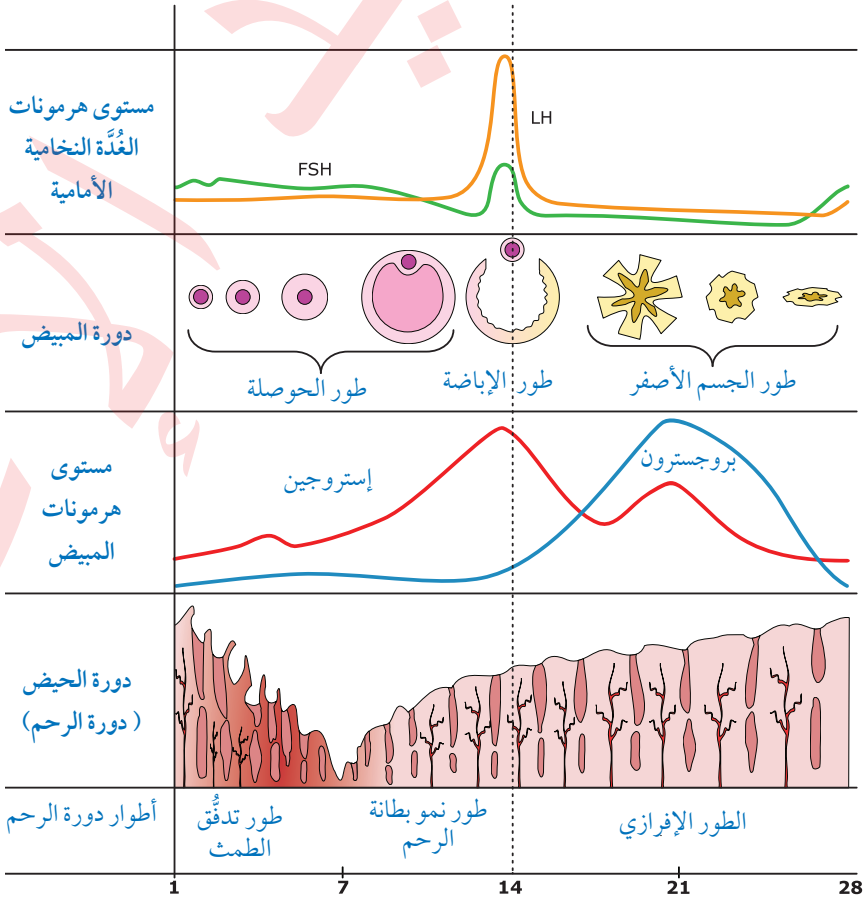
التغيُّرات الشهرية في نشاط الجهاز التناسلي الأنثوي
Periodic Changes in Female Reproductive System

يحدث في كلٍّ من المبيض والرحم تغيُّرات شهرية تتضمَّن تكوين البويضات، وتحضير الرحم استعدادًا لحدوث إخصاب مُحتمَل؛ إذ يمر الجهاز التناسلي الأنثوي بمجموعة من الأحداث المتسلسلة تُسمّى **دورة المبيض Ovarian Cycle**، وفي الوقت نفسه تحدث تغيُّرات في الرحم تُسمّى **دورة الرحم Uterine Cycle.**

دورة المبيض Ovarian Cycle

تشتمل دورة المبيض على ثلاثة أطوار، هي: طور الحوصلة، وطور الإباضة، وطور الجسم الأصفر.

تستغرق دورتا الرحم والمبيض مدَّة تتراوح بين (21) يومًا و (35) يومًا، ويبلغ معدَّلها عند معظم النساء (28) يومًا تقريبًا، وهو الزمن الذي سيُعتمَد في أثناء دراسة دورتي الرحم والمبيض في هذا الدرس، أنظر الشكل (15).



الشكل (15): التغيُّرات الشهرية التي تحدث في الرحم والمبيض خلال دورة مدَّتها (28) يومًا.

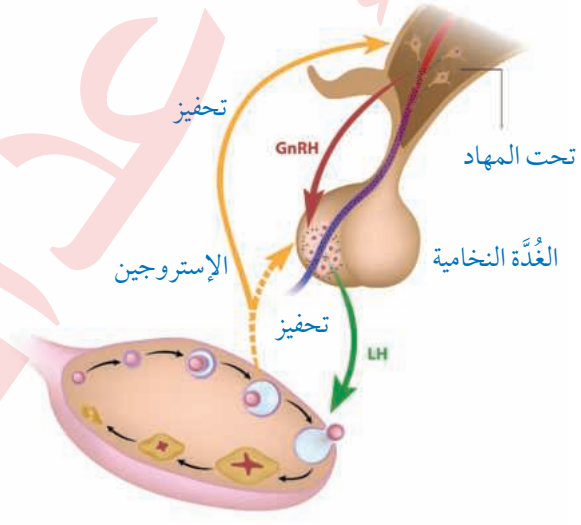
طور الحوصلة Follicular Phase

تولَد الأنثى وفي مبيضها مئات آلاف من الحوصلات الأولية التي تحوي كلٌّ منها بويضة أولية محاطة بخلايا حوصلية تمدُّها بالغذاء. وبدءًا بسن البلوغ، ونتيجةً لإفراز غدة تحت المهاد الهرمون المُحفِّز لإفراز هرمونات الغُدد التناسلية GnRH؛ تُنبِّه النخامية الأمامية لإفراز الهرمون المُنبِّه للحوصلة FSH الذي يُؤثِّر في المبيض؛ فتتمكَّن بعض الحوصلات الأولية من إكمال عملية تطوُّرها، ولكنَّ حوصلة واحدة فقط تنضج شهريًّا من أحد المبيضين في أثناء هذا الطور. تُفرِز الحوصلة في أثناء نضجها هرمون الإستروجين الذي يرتفع مستواه ببطء؛ ما يُثبِّط إفراز هرمونات الغُدَّة النخامية FSH و LH.

كلَّما استمر نمو الحوصلة استمر مستوى الإستروجين في الارتفاع، ومِن ثَمَّ يعمل مستوى هرمون الإستروجين المرتفع خلال الأيام (14–12) بآلية التغذية الراجعة الإيجابية، فيُحفِّز غُدَّة تحت المهاد على إفراز GnRH الذي يُحفِّز النخامية الأمامية على زيادة إفراز هرموناتها؛ فيعمل الهرمون المُنبِّه للجسم الأصفر LH على إتمام نضج الحوصلة وانفجارها. ويبلغ أعلى مستوى للهرمون المُنبِّه للحوصلة FSH والهرمون المُنبِّه للجسم الأصفر LH قبيل عملية الإباضة Ovulation.

الإباضة Ovulation

تحدث الإباضة في اليوم الرابع عشر من الدورة تقريبًا؛ أيْ في اليوم الذي يلي الارتفاع الحاد في مستوى LH، حيث تنطلق الخلية البيضية الثانوية في قناة البيض نحو الرحم، أنظر الشكل (16).



الشكل (16): التغذية الراجعة الإيجابية بين هرمون الإستروجين وتحت المهاد.

نسخة تجريبية

طور الجسم الأصفر Luteal Phase

ينتج من خلايا الحوصلة التي ظلَّت في المبيض تركيب جديد يُسمّى **الجسم الأصفر Corpus Luteum** الذي يبدأ إفراز هرموني الإستروجين والبروجسترون؛ فيعملان على نمو بطانة الرحم، وتكوُّن الأوعية الدموية فيه. ويؤدي الاستمرار في إفراز هذين الهرمونين إلى ارتفاع مستوياتهما في الدم، وحدوث تغذية راجعة سلبية، فتتوقَّف الغُدَّة النخامية عن إفراز الهرمون المُنبِّه للحوصلة، والهرمون المُنبِّه للجسم الأصفر. وإذا لم يحدث إخصاب، فإنَّ الجسم الأصفر يضمر ثم يتحلَّل، ومستويات الإستروجين والبروجسترون تنخفض؛ ما يؤدي إلى تحفيز إفراز FSH و LH لبدء دورة جديدة.

دورة الرحم Uterine Cycle

يمر الرحم بسلسلة من الأحداث التي تعمل على تهيئة بطانة الرحم لاستقبال البويضة المُخصَّبة وتطوُّر الجنين، ويُطلَق أيضًا على **دورة الرحم Uterine Cycle** هذه اسم دورة الحيض Menstrual Cycle التي تحدث ودورة المبيض في الوقت نفسه، بتنظيم من الهرمونات التناسلية الأنثوية المُفرَزة من تحت المهاد والمبيضين، وتستمر نحو 28 يومًا، وتتكوَّن من ثلاثة أطوار، أنظر الشكل (17).

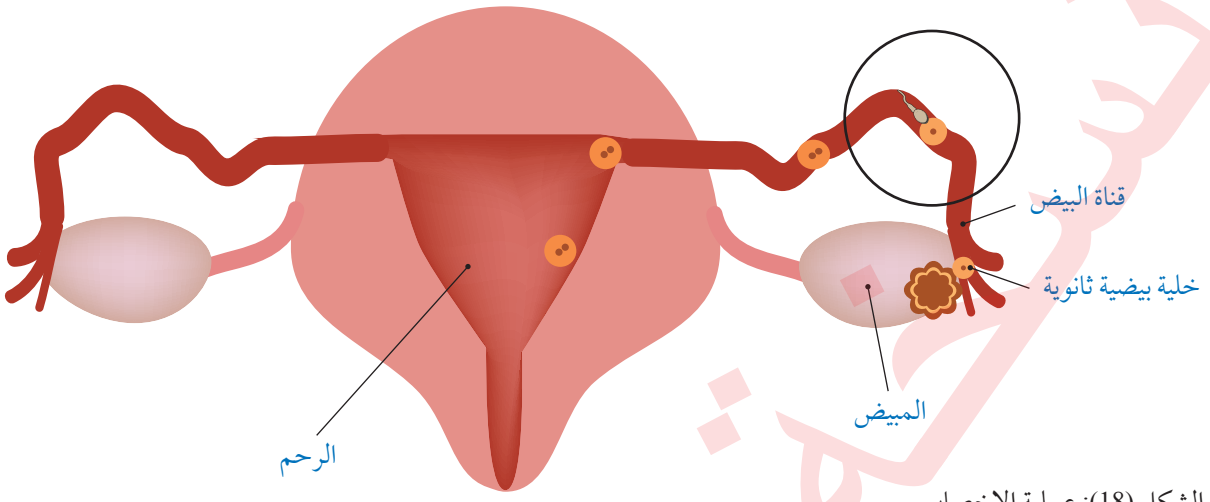
✓ أتحقَّق:

أ . في أيِّ أيام دورة المبيض يُؤثِّر المستوى المرتفع لهرمون الإستروجين في تحت المهاد بتغذية راجعة إيجابية؟

ب. أُوضِّح تأثير زيادة إفراز هرمونات الغُدَّة النخامية في هذه الأيام على دورة المبيض.

الشكل (17): أطوار دورة الرحم.

أَصِف التغيُّرات التي يتعرَّض لها الرحم في أثناء الطور الإفرازي.



الشكل (18): عملية الإخصاب.

أين تحدث عملية إخصاب الخلية البيضية الثانوية؟

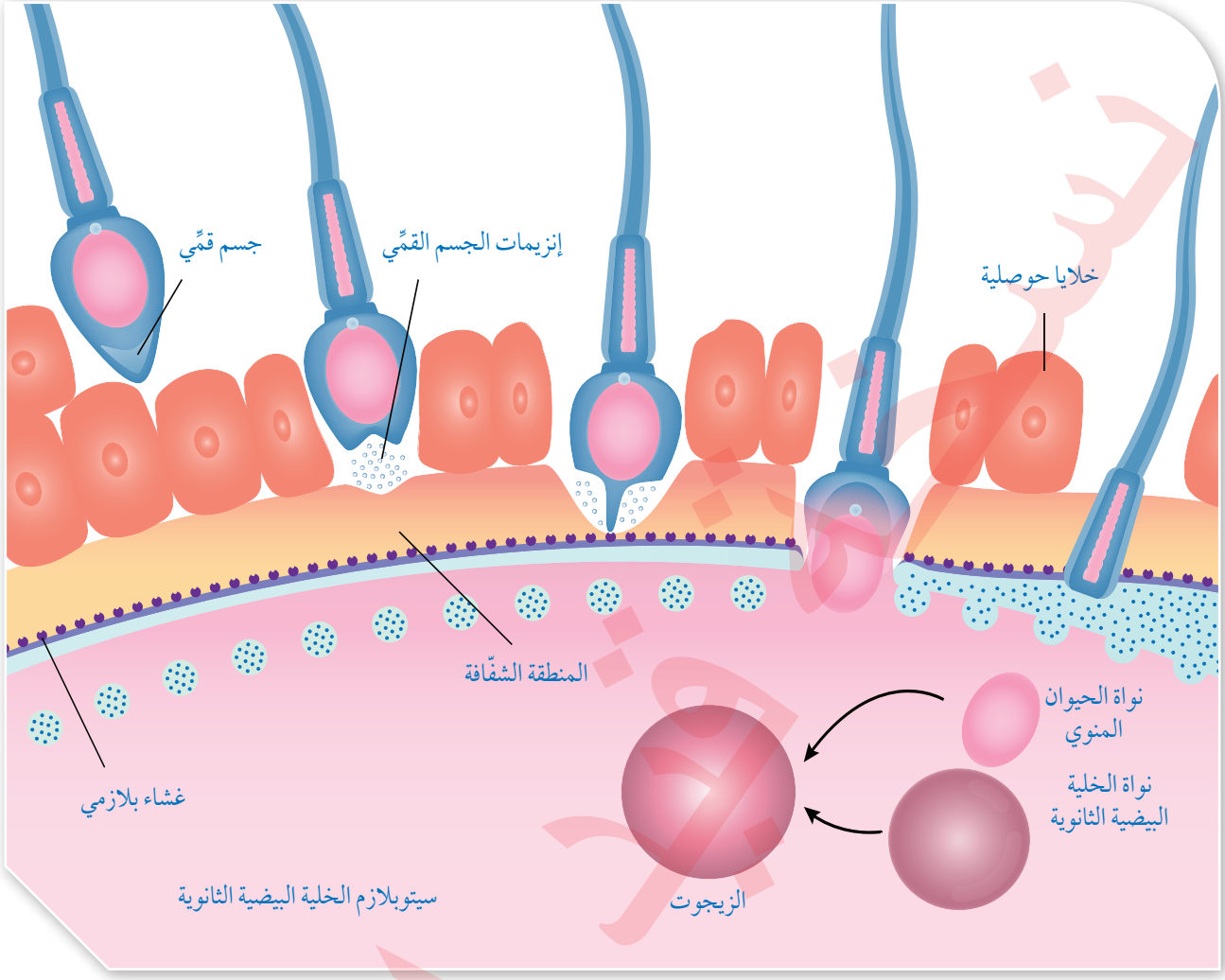
الإخصاب Fertilization

تصل أعداد كبيرة من الحيوانات المنوية إلى داخل الجهاز التناسلي الأنثوي، وقد تعيش فيه مدَّة (72) ساعة. وفي اليوم الرابع عشر تقريبًا تحدث عملية الإباضة، وتبدأ الخلية البيضية الثانوية الانتقال إلى الرحم عن طريق قناة البيض، حيث تدخل الحيوانات المنوية في الرحم عن طريق عنق الرحم، ثم تتجه نحو قناة البيض حتى تصل إلى الخلية البيضية الثانوية في أعلى قناة البيض، حيث يلقّح حيوان منوي واحد الخلية البيضية الثانوية ثم يحدث الإخصاب، أنظر الشكل (18).

أفكّر إذا لُقِّحت الخلية البيضية الثانوية بحيوانين منويين، فماذا يحدث؟

الربطُ بالطبِّ

التوائم حالة يتطوَّر فيها أكثر من جنين واحد في رحم الأم، وتحدث في (1–2%) من حالات الحمل. وهناك نوعان من التوائم، هما: التوائم غير المتماثلة، وهي الأكثر شيوعًا بين أنواع التوائم، وتنتج عن إخصاب بويضتين بحيوانين منويين مختلفين. والتوائم المتماثلة (المتشابهة)، وتنتج عن انقسام بويضة واحدة مخصّبة إلى جنينين. وقد يتشارك التوأمان المتشابهان في مشيمة واحدة والكيس الرهلي، وقد يتشاركان في المشيمة في حين يكون لكل منهما كيس رهلي منفصل.



الشكل (19): اختراق الحيوان المنوي الطبقات الخارجية المحيطة بالخلية البيضية الثانوية.

تحاط الخلية البيضية الثانوية بطبقة شفّافة Zona Pellucida، ويُغلِّفها من الخارج طبقة من خلايا حوصلية تُسمّى الطبقة التاجية الشعاعية Corona Radiata، أنظر الشكل (19). تحاول حيوانات منوية عِدَّة اختراق الطبقات الخارجية للخلية البيضية الثانوية، ولكنَّ حيوانًا منويًّا واحدًا يستطيع اختراق هذه الطبقات، وإخصاب الخلية البيضية الثانوية عن طريق إفراز إنزيمات هاضمة من الجسم القمّي، تُحلِّل الطبقات الخارجية المحيطة بها، وتُمكِّن الغشاء البلازمي لرأس الحيوان المنوي من الاندماج في الغشاء البلازمي للخلية البيضية الثانوية، وإدخال نواته في السيتوبلازم. وتؤدي عملية الاندماج هذه إلى بدء سلسلة تفاعلات تفضي إلى تغيير في طبيعة الطبقات الخارجية للخلية البيضية الثانوية، إضافةً إلى تغيُّرات في غشائها البلازمي؛ لمنع أيِّ حيوان منوي آخر من اختراقها.

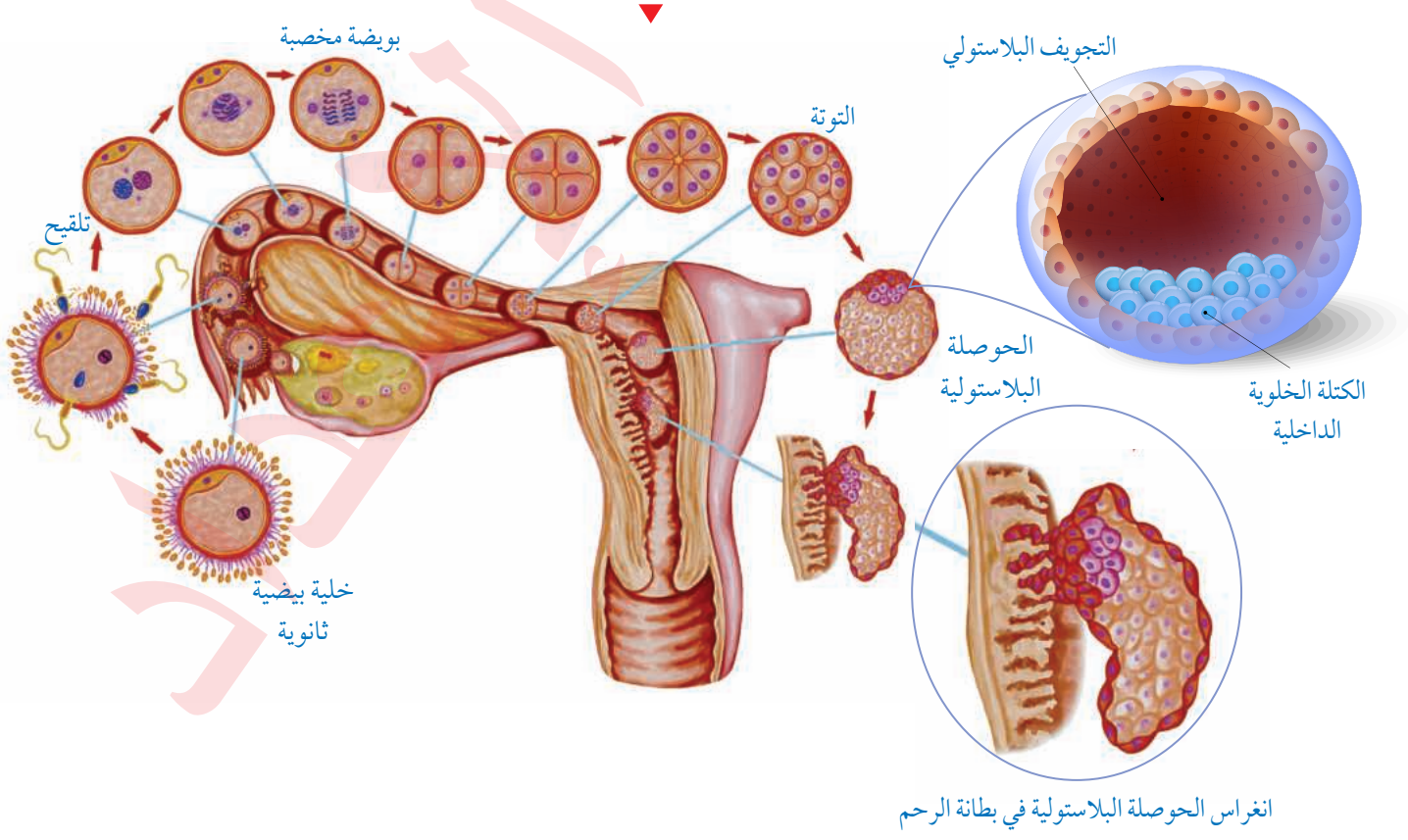
إنَّ دخول نواة الحيوان المنوي سيتوبلازم الخلية البيضية الثانوية يُحفِّز إكمالها المرحلة الثانية من الانقسام المُنصِّف، لتصبح بويضة ناضجة، ثم تندمج نواتا الحيوان المنوي والبويضة الناضجة أحاديتا المجموعة الكروموسومية، ويؤدي اندماجهما إلى تكوين البويضة المُخصَّبة، أو الزيجوت Zygote (2n) بعد نحو ساعة من عملية الإخصاب.

تبدأ البويضة المُخصَّبة الانقسام، فتنتج خليتان تنقسم كلٌّ منهما انقسامات متساوية متتالية وهي لا تزال في قناة البيض. وبعد مرور ثلاثة أيام على عملية الإخصاب، ينتج من هذه الانقسامات كتلة خلوية مُكوَّنة من (16) خلية تُسمّى التوتة Morula.

تستمر التوتة في الانقسام في أثناء طريقها إلى الرحم حتى تصبح كرة مُجوَّفة مملوءة بسائل، فتُسمّى عندئذٍ **الحوصلة البلاستولية Blastocyst** التي تلتصق ببطانة الرحم عند وصولها إليه، ثم تُفرِز إنزيمات هاضمة تُحلِّل الجدار الداخلي لبطانة الرحم، وتنزرع فيه، وتُسمّى هذه العملية **الانغراس Implantation**، وهي تحدث تقريبًا بعد مدَّة تتراوح بين (6) أيام و (9) أيام من عملية الإخصاب، أنظر الشكل (20).

✓ **أتحقَّق:** ما التغيُّرات التي تحدث للخلية البيضية الثانوية منذ لحظة إخصابها حتى انغراسها في بطانة الرحم؟

الشكل (20): الأيام الأولى من تطوُّر البويضة المُخصَّبة في قناة البيض، ثم انغراسها في بطانة الرحم.



نسخة تجريبية

التطوُّر الجنيني Embryo Development

يمر الحمل بثلاث مراحل، مدَّة كلٍّ منها ثلاثة أشهر، تحدث فيها تطوُّرات مهمة في ما يخصُّ نمو الجنين وتكوُّنه، أنظر الشكل (21).

الثلث الأول من الحمل First Trimester

بعد الانغراس في الأسبوعين الأول والثاني من التطوُّر الجنيني تتجمَّع في أحد قطبي الحوصلة البلاستولية مجموعة من الخلايا تُسمّى الكتلة الخلوية الداخلية Inner Cell Mass؛ وهي خلايا جذعية جنينية تتمايز إلى طبقات الجسم الثلاث، وتتكوَّن لاحقًا من هذه الطبقات أجهزة الجسم المختلفة.

تتشكَّل حول الجنين طبقات من الأغشية لحمايته وتغذيته؛ إذ ينشأ **الغشاء الرهلي Amnion** حول الجنين مباشرة، وهو يحتوي على سائل يُسمّى السائل الرهلي (الأمنيوسي) Amniotic Fluid الذي يحمي الجنين من الصدمات، وينشأ خارجه غشاء الكوريون.

تخرج من غشاء الكوريون بروزات إصبعية تُسمّى الخملات الكوريونية، وهي تمتد إلى بطانة الرحم لتغذية الجنين منها. ثم يتطوَّر من خملات الكوريون عضو مُتخصِّص يعمل على تغذية الجنين، وتبادل الغازات، وطرح الفضلات من دمه إلى دم الأُمِّ، ويُسمّى **المشيمة Placenta**. وفي نهاية هذه المرحلة، يستطيع الجنين تحريك أطراف جسمه.

الثلث الثاني من الحمل Second Trimester

في هذه المرحلة، يصبح الجنين أكثر نشاطًا، وقد تشعر أُمُّه بحركته، ويبدأ بتكوين البول ثم إخراجه إلى السائل الرهلي، ويُمكِنه أنْ يمصَّ إبهامه.

الثلث الثالث من الحمل Third Trimester

يستمر الجنين في النمو والتطوُّر حتى الولادة بسرعة كبيرة، ولكنَّ الرئتين تنضجان متأخرًا، ولا يُمكِنهما بدء عملية تبادل الغازات إلّا بعد الولادة.

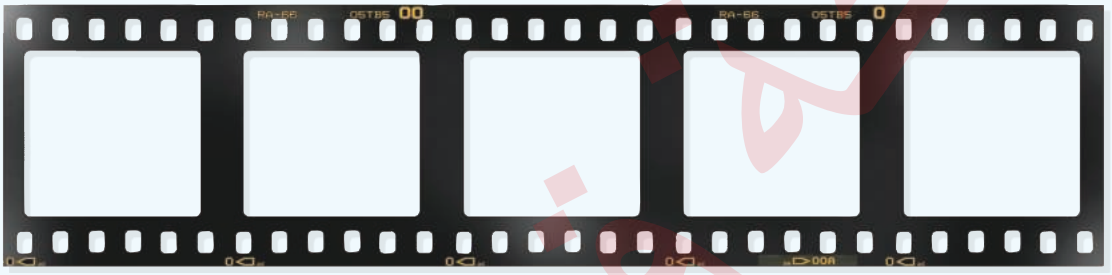
الشكل (21): مراحل تطوُّر الجنين.

✓ **أتحقَّق:** أُحدِّد وظيفة كلٍّ من: الغشاء الرهلي، وغشاء الكوريون.

نشاط

مراحل نمو الجنين

المواد والأدوات: ورق مقوّى أبيض، وآخر ذو لون مختلف من الحجم نفسه، مشرط أو مقص، مسطرة، صمغ، صور موجات فوق صوتية Ultrasound (من طبيب/طبيبة، أو من شبكة الإنترنت) لجنين في مراحل مختلفة، قائمة تضم أجزاء الجسم التي يُمكِن مشاهدتها في أشهر الحمل المختلفة.



خطوات العمل:

1 **أصمم:** أصنع إطارًا للصور على النحو الآتي:

أ . أقص قطعة مستطيلة من الورق الأبيض كما في الشكل المجاور.

ب. أرسم على الورق الملون مستطيلًا مُماثِلًا للمستطيل السابق، ثم أُقسِّمه إلى خانات، ثم أُفرِّغها.

جـ. أُثبِّت المستطيلين معًا باستخدام الصمغ.

2 أَصِف الأجزاء الظاهرة في الصور التي بحوزتي، ثم **أُقارِنها** بقائمة الأجزاء التي يُمكِن مشاهدتها في أشهر الحمل المختلفة.

3 أُرتِّب الصور تصاعديًّا، ثم أضعها داخل الإطار.

التحليل والاستنتاج:

1. أَصِف الأساس الذي اعتمدته في تصنيف الصور.
2. **أُصنِّف** التغيُّرات التي لاحظتها على الصور بحسب مراحل نمو الجنين.
3. **أتواصل:** أُناقِش زملائي/ زميلاتي في النتائج التي توصَّلت إليها.

الولادة Birth

في الأسابيع الأخيرة من نمو الجنين ينقلب وضع جسمه، فيصبح موضع الرأس مُواجِهًا لعنق الرحم. وعند اقتراب الولادة تنقبض عضلات الرحم، ويتسع عنق الرحم استجابةً لهذه الانقباضات؛ ما يُحفِّز الغُدَّة النخامية الخلفية على إفراز هرمون الأوكسيتوسين Oxytocin الذي يساعد على زيادة انقباضات العضلات الملساء في جدار الرحم؛ ما يدفع الجنين إلى أسفل، ويُولِّد مزيدًا من الضغط على عنق الرحم، ويُسبِّب تمزُّق الغشاء الرهلي، فيخرج منه السائل الرهلي الذي يُسهِّل انزلاق الجنين إلى الخارج عن طريق عنق الرحم والمهبل.

تؤدي زيادة ضغط رأس الجنين على عنق الرحم إلى تحفيز إفراز إضافي لهرمون الأوكسيتوسين؛ ما يزيد من سرعة انقباضات الرحم ومعدَّلها، ويدفع الجنين إلى خارج الرحم، أنظر الشكل (22).

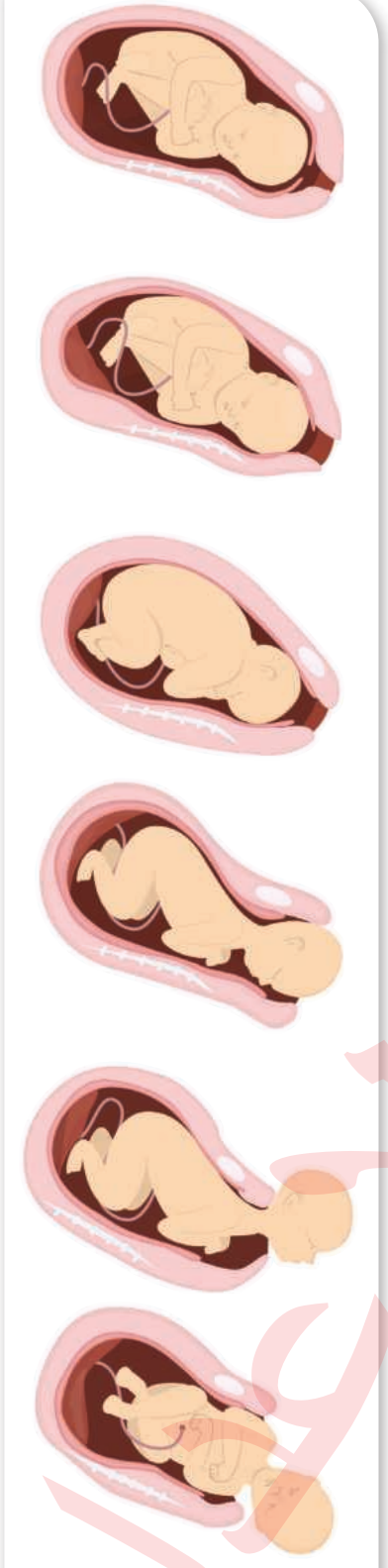
بعد الولادة مباشرة يظل الجنين متصلًا بالمشيمة عن طريق الحبل السري، فيربط الطبيب هذا الحبل، ثم يقطعه، أنظر الشكل (23).

بعد خروج الوليد تنفصل المشيمة عن جدار الرحم، وتخرج منه مع أغشية الجنين؛ نتيجةً لاستمرار انقباض العضلات الملساء في جدار الرحم.

يُستخدَم في بعض حالات الولادة «الطَّلْق الصناعي» لتحفيز انقباضات الرحم وبدء المخاض لدى بعض النساء الحوامل، ويتكوّن الطلق الصناعي عادة من هرمون الأوكسيتوسين، أو هرمون البروستاغلاندين الذي يحفّز إفراز هرمون الأوكسيتوسين من الغدة النخامية الخلفية.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح دور هرمون الأوكسيتوسين في تحفيز عملية الولادة.

الشكل (23): قطع الحبل السري للوليد.



الشكل (22): مراحل عملية الولادة.

تغذية الطفل وإفراز الحليب من الأُمِّ

Baby Feeding and Producing Milk

في أثناء الحمل تُفرِز الغُدَّة النخامية الأمامية هرمون الحليب البرولاكتين Prolactin المسؤول عن إدرار الحليب، ويُحفِّز هرمون الإستروجين المشيمي نمو القنوات الحليبية في ثدي الأُمِّ، ويُحفِّز هرمون البروجسترون الذي تُفرِزه المشيمة تطوُّر الغُدد الحليبية، غير أنَّه يُثبِّط إنتاج الحليب طوال مدَّة الحمل.

بعد الولادة يتوقَّف تأثير هرمون البروجسترون المشيمي؛ فيبدأ الثدي إنتاج الحليب، ويحث هرمون الأوكسيتوسين الذي تُفرِزه النخامية الخلفية على خروج الحليب من القنوات الحليبية.

في أثناء عملية الرضاعة يعمل الرضيع على تحفيز المُستقبِلات الميكانيكية الموجودة حول حلمة الثدي؛ فتُرسِل إشارات عصبية إلى منطقة تحت المهاد التي تُحفِّز الغُدَّة النخامية على متابعة إنتاج البرولاكتين، علمًا أنَّ حليب الأُمِّ في الأيام الأولى بعد الولادة يكون غنيًّا بالأجسام المضادة التي تقي الرضيع من الأمراض في الأشهر الأولى من عمره.

✓ **أتحقَّق:** أَصِف العوامل التي تُؤثِّر في إنتاج الحليب من ثدي الأم وإفرازه بعد الولادة.

الربطُ بالصحّةِ

تُعدّ الرضاعة الطبيعية مصدرًا غذائيًّا نقيًّا، إذ يحتوي حليب الأم على اللبأ الذي يحتوي على أجسام مضادة تساعد في حماية الطفل، وتسهم الرضاعة الطبيعية في عودة الرحم إلى وضعه الطبيعي، ويتميز حليب الأم بقيمته الغذائية العالية. وفي بعض الحالات قد تلجأ الأُمَّهات إلى الرضاعة الصناعية (إعطاء الأطفال الحليب المُجفَّف) مثلًا بسبب عمل الأم أو بسبب حالتها الصحية، لكن الرضاعة الصناعية تحتاج إلى وقت لتحضير الحليب، وقد يفتقر الحليب المُجفَّف إلى بعض العناصر الغذائية الأساسية، وقد يسبب بعض أنواع الحليب حساسية لدى الرضع، ومشكلات في الهضم، وقد تتعرض الزجاجات للتلوّث، علاوة عن أن الحليب المُجفَّف لا يحتوي على الأجسام المضادة التي تقوي جهاز المناعة.

تنظيم النسل Contraception

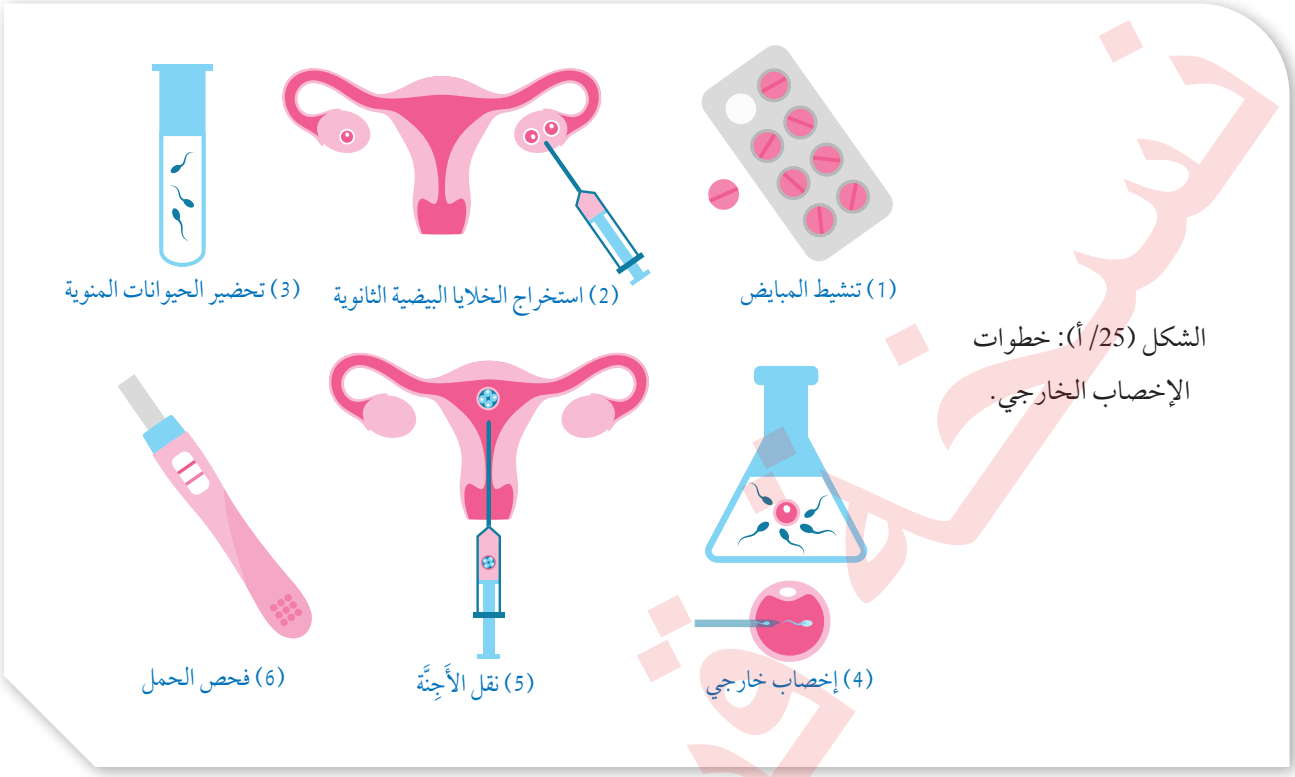
تُستخدَم وسائل عِدَّة لتنظيم النسل؛ حفاظًا على صحة الأُمِّ وطفلها. ويُبيِّن الشكل (24) بعض هذه الوسائل.

وسائل تنظيم النسل Contraception Methods		
الوسائل الهرمونية Hormones تعمل الوسائل الهرمونية على تثبيط إفراز الهرمون المُنشِّط للحوصلة؛ ما يمنع نضج الخلية البيضية الثانوية، ويَحول دون حدوث الإباضة. أمّا فاعليتها فكبيرة في حال أُخِذت بانتظام، ومن أمثلتها: – المواد الشبيهة بالبروجسترون فقط، مثل: حبوب منع الحمل البسيطة، وحُقَن منع الحمل، والكبسولات التي تُزرَع تحت الجلد. – المواد الشبيهة بالبروجسترون والإستروجين، مثل: حبوب منع الحمل المُركَّبة، ولصقات منع الحمل.		
الوسائل الكيميائية Chemical Methods		تحتوي الوسائل الكيميائية على مواد تقتل الحيوانات المنوية، مثل: الجلِّ، والرغوة، والكريم.
الوسائل الميكانيكية Mechanical Methods	العازل الذكري، والغطاء المهبلي	هما غطاءان مطّاطيان رقيقان يمنعان وصول السائل المنوي إلى الخلية البيضية الثانوية وإخصابها.
	اللولب Intrauterine Device (IUD)	يُثبَّت اللولب في الرحم؛ لمنع انغراس الحوصلة البلاستولية في جدار الرحم، وقد تستمر فاعليته سنوات عِدَّة؛ بشرط مراجعة الطبيب/ الطبيبة للتأكُّد أنَّه في المكان الصحيح من الرحم.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح كيف يستفاد من الوسائل الميكانيكية في تنظيم النسل عند الإنسان.

الشكل (24): بعض وسائل تنظيم النسل.

أذكر أسماء بعض الوسائل الكيميائية المستخدمة في تنظيم النسل.



الشكل (25/ أ): خطوات الإخصاب الخارجي.

تقنيات المساعدة على الإخصاب Fertilization Assisting Techniques

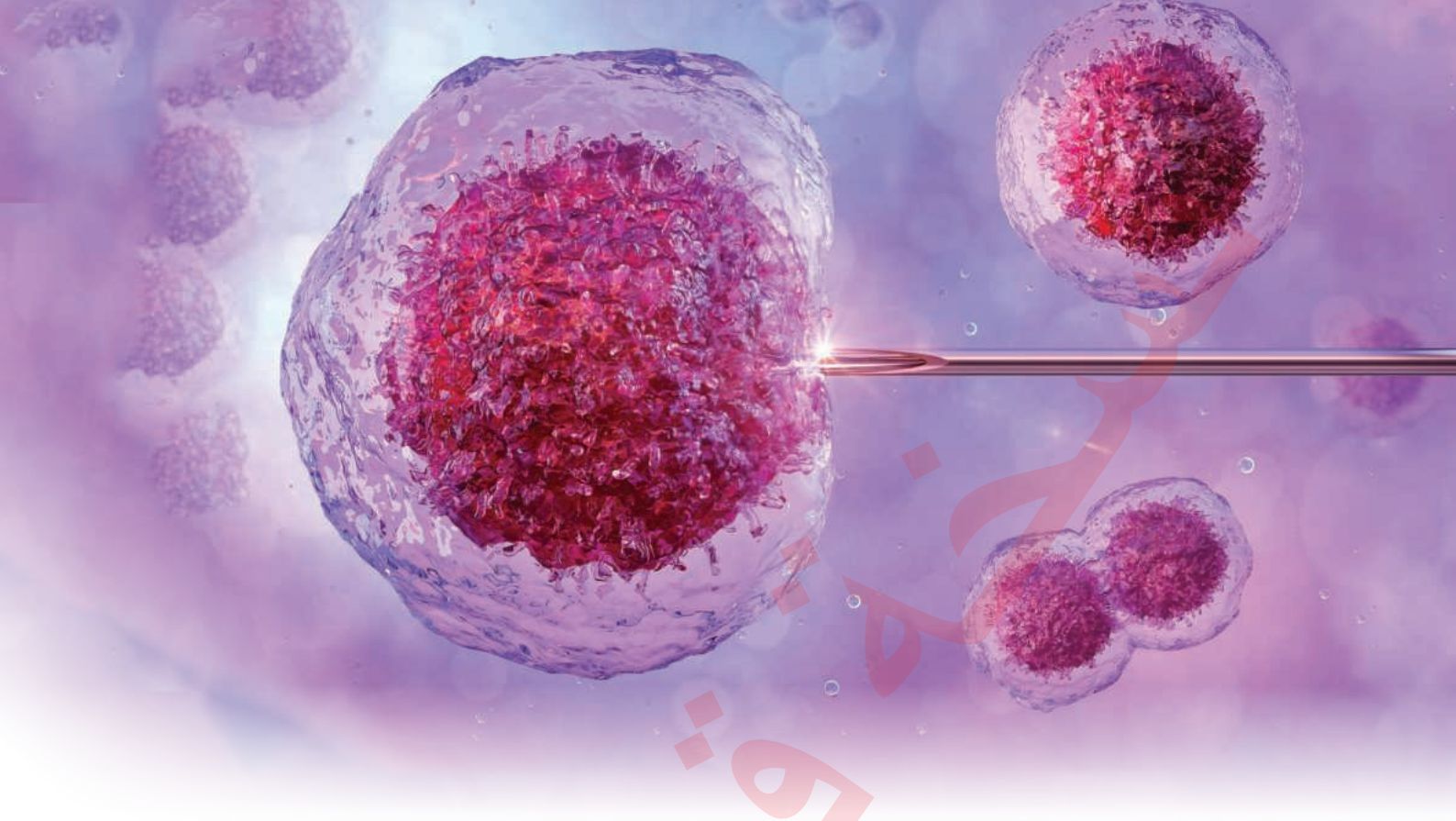
نظرًا إلى التقدُّم العلمي الذي يشهده العالَم اليوم في المجال الطبي والتكنولوجي؛ فقد أسهمت تقنيات المساعدة على الإخصاب في تشخيص كثير من حالات العقم ومعالجتها.

الإخصاب خارج الجسم In Vitro Fertilization IVF

تُعَدُّ هذه التقنية إحدى أكثر تقنيات المساعدة على الإخصاب شيوعًا، ومنها: أطفال الأنابيب، والحقن المجهري.

يتضمَّن هذا النوع من الإخصاب تنشيط المبايض لإنتاج عدد من الخلايا البيضية الثانوية، واستخراج الخلايا البيضية الثانوية، واختيار الحيوانات المنوية، والإخصاب، ونقل الجنين إلى الرحم، أنظر الشكل (25/ أ، ب).

عند استخدام تقنية أطفال الأنابيب للإخصاب خارج الجسم، تُخلَط الحيوانات المنوية السليمة والبويضات الناضجة معًا، ثم توضع في الحاضنة يومًا كاملًا. تُستخدَم هذه الطريقة في حالات مُعيَّنة، مثل: إصابة المرأة بانسداد قناتي البيض، وإنتاج الرجل عددًا قليلًا من الحيوانات المنوية، أو وجود ضعف في نوعيتها، وعدم وجود سبب واضح لعدم إنجاب الزوجين، أنظر الشكل (25/ أ).



الشكل (25/ ب): الحقن المجهري.

أمّا عند استخدام تقنية **الحقن المجهري Intracytoplasmic Sperm Injection ICSI**، فيُختار حيوان منوي سليم واحد، ثم يُحقَن مباشرةً في خلية بيضية ثانوية ناضجة واحدة باستعمال إبرة مجهرية متصلة بمجهر ذي قوة تكبير عالية جدًّا.

تُستخدَم هذه التقنية إذا كانت الحيوانات المنوية ضعيفة جدًّا، أو كانت كمية السائل المنوي غير كافية، أو في حال فشل المحاولات السابقة للإخصاب خارج الجسم، أنظر الشكل (25/ ب).

الربط بالرياضيات

استخدام الخوارزميات في اختيار الأَجِنَّة

تعتمد هذه التقنية على التقاط صور للأَجِنَّة في الأيام الأولى من التخصيب باستخدام المجهر الزمني، والخوارزميات؛ وهي مجموعة من الخطوات الرياضية المنطقية والمتسلسلة لترتيب الأَجِنَّة وعرضها بمقطع فيديو يُمثِّل مراحل نمو الجنين، ثم استعمال جهاز الحاسوب لمقارنة هذه المراحل بمراحل النمو النموذجية المُخزَّنة في قاعدة البيانات؛ من أجل تعزيز قرار اختصاصي علم الأَجِنَّة بخصوص الجنين الذي سيُنقَل من دون حاجة إلى إخراجه من الحاضنة لفحصه تحت المجهر.

التلقيح الصناعي داخل الرحم Intrauterine Insemination IUI

في أثناء التلقيح الصناعي، يُختار عدد من الحيوانات المنوية السليمة، ثم تُحقَن مباشرة في الرحم عن طريق أنبوب دقيق. تُستخدَم هذه التقنية قبيل إطلاق المبيض خلية بيضية ثانوية واحدة أو أكثر (في حال حُقِنت الأُمُّ بالهرمون المُنشِّط للغُدد التناسلية). لنجاح تقنية الحقن داخل الرحم، يجب التأكُّد أنَّ الخلية البيضية الثانوية للمرأة طبيعية، وكذلك التأكُّد من سلامة الرحم.

تُستخدَم هذه التقنية إذا كانت الحيوانات المنوية الطبيعية قليلة الحركة، أو تعاني تشوُّهات خفيفة، أو إذا كانت الزوجة تعاني مشكلة في عنق الرحم تمنع وصول الحيوانات المنوية إلى الخلية البيضية الثانوية.

تجميد الأَجِنَّة Embryo Cryopreservation

تُجمَّد الأَجِنَّة الزائدة من عمليات الإخصاب خارج الجسم (IVF)، أو تلك الناتجة من عمليات الحقن المجهري لاستخدامها مستقبلًا إذا رغب الزوجان في الإنجاب مرَّة أُخرى في مرحلة لاحقة من الحياة. تتمثَّل أهمية هذه التقنية في الاستفادة من الأَجِنَّة المُجمَّدة التي خُصِّبت خارج الجسم؛ ذلك أنَّ استخدام هذه الأَجِنَّة هو أقل كلفة، ولا يتطلَّب جهدًا نفسيًّا وبدنيًّا كبيرًا مقارنةً بعملية الإخصاب الجديدة خارج الجسم، أنظر الشكل (26).

✓ أتحقَّق:

أ . لماذا تُختار حيوانات منوية مُعيَّنة في تقنية الإخصاب الخارجي؟

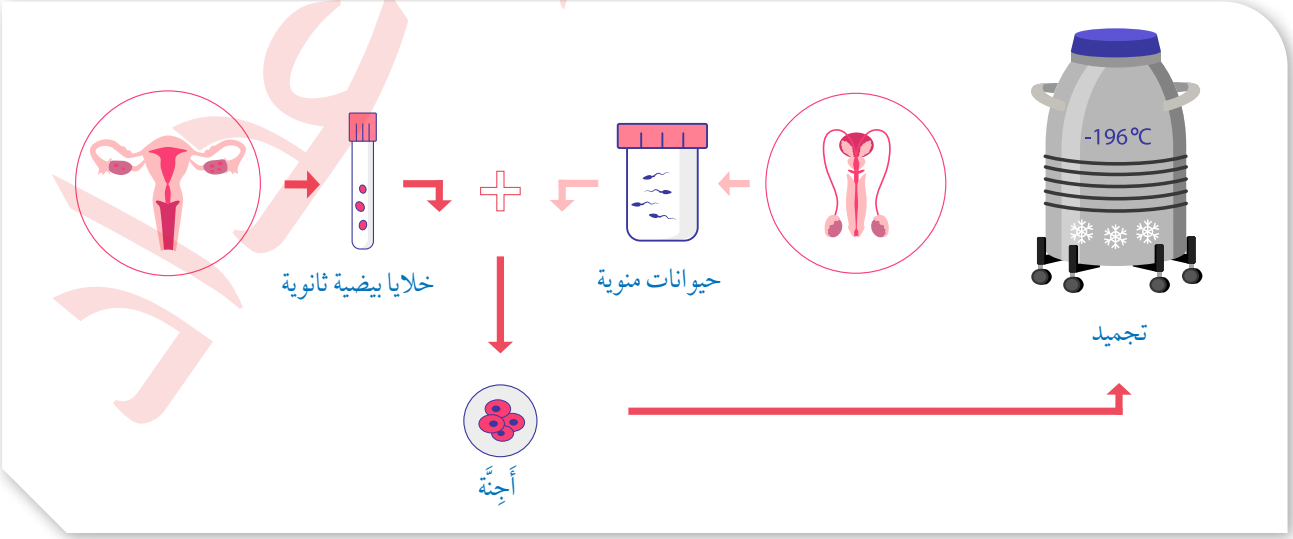
ب. ما الحالات التي يتعيَّن فيها استخدام تقنية تجميد الأَجِنَّة؟

الربط بالتقنيات الحديثة

تجميد البويضات والأَجِنَّة بالتزجيج

يؤدي تجميد البويضات والأَجِنَّة ببطء إلى تكوُّن بلّورات من الجليد داخل البويضات أو الأَجِنَّة؛ ما قد يُؤثِّر فيها سلبًا عند إذابتها. ولتجنُّب تشكُّل هذه البلّورات؛ تُستخدَم اليوم طريقة أحدث هي التجميد الخاطف أو التزجيج. وفيها تحدث عملية التبريد بسرعة كبيرة، فتنتج مادة تُشبِه الزجاج؛ ما يَحول دون تكوُّن بلّورات الجليد. وفي الوقت نفسه تُستخرَج البويضات أو الأَجِنَّة سريعًا عند الرغبة في استعمالها.

الشكل (26): تجميد الأَجِنَّة.



بعض مشكلات الأجهزة التناسلية

Some of Reproductive Systems Disorders

انسداد قناة البيض Fallopian Tube Obstruction

حالة تصيب الجهاز التناسلي الأنثوي، حيث يحدث انسداد في إحدى أو كلتا القناتين اللتين تربطان المبيض بالرحم ما يؤدي إلى حدوث العقم. هناك عدّة أسباب قد تؤدّي إلى انسداد قناة البيض، منها: التهاب الحوض أو بطانة الرحم المهاجرة، أو الحمل خارج الرحم، أو الجراحة، أو الأمراض المنقولة جنسيًّا. من أعراض انسداد قناة البيض: ألم في الحوض، وصعوبة في الحمل. ويعتمد علاج هذه الحالة على سبب الانسداد ومدى شدّته، وقد يشمل العلاج الجراحة، أو الإخصاب خارج الرحم في المختبر لمعالجة العقم الناتج عن الانسداد.

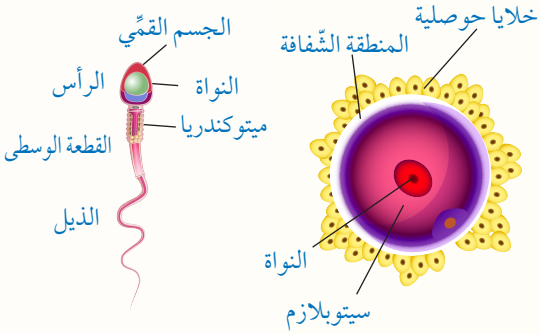
تضخُّم البروستات Benign Prostatic Hyperplasia

حالة شائعة تصيب الرجال مع التقدّم في العمر، حيث يحدث فيها تضخّم في غدة البروستات الذي يرتبط بتغيرات هرمونية تحدث مع التقدّم في العمر، وتؤدي العوامل الوراثية دورًا أيضًا في بعض الحالات. من أعراض تضخم البروستات: صعوبة وألم أثناء التبول، والتبول المتكرر بكميات قليلة، وألم في منطقة الحوض أو الظهر. يعتمد علاج هذه الحالة على شدّة الأعراض وحجم البروستات والحالة الصحية العامة للمريض. تشمل خيارات العلاج: المراقبة، والفحوص الدورية خصوصًا بعد سنّ الخمسين، بالإضافة إلى الأدوية، والجراحة.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة**: ما أهمية التكاثر الجنسي في الإنسان؟

2. أدرس الشكل المجاور الذي يُبيِّن الخصائص التركيبية لكلٍّ من الحيوان المنوي والخلية البيضية الثانوية، ثم أُوضِّح كيف يتلاءم تركيب كلٍّ منهما مع وظيفته.



3. أ . أملأ الفراغ بما هو مناسب في الجمل الآتية التي تصف الأحداث الشهرية لدورة المبيض:

1. تحدث الإباضة في منتصف الدورة الشهرية؛ فتنطلق الخلية البيضية الثانوية، ويتشكَّل من خلايا الحوصلة المتبقية .....
2. يُفرَز هرمون GnRH من .....
3. يُفرِز الجسم الأصفر كميات من هرمون البروجسترون والإستروجين؛ فيزيدان من سُمْك .....
4. يعمل الهرمون المُنبِّه للحوصلة على تحفيز المبيض لإتمام نضج .....
5. يُحفِّز هرمون GnRH الغُدَّة النخامية الأمامية على إفراز .....، و .....

ب. أُرتِّب الجمل السابقة بحسب تسلسل حدوثها في أثناء دورة المبيض.

جـ. **أقترح** وسيلة لتنظيم النسل تمنع نضج الخلية البيضية الثانوية وحدوث الإباضة.

د . **أُفسِّر** سبب عدم حدوث حيض إذا كان مستوى البروجسترون في الدم مرتفعًا.

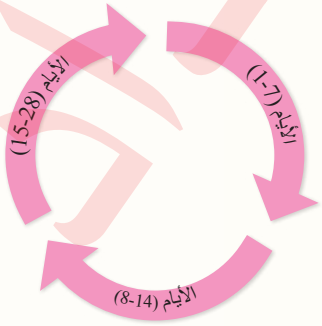
4. **أُقارِن** بين كلٍّ ممّا يأتي:

أ . تقنية التلقيح الصناعي وتقنية الحقن المجهري من حيث: عدد الحيوانات المنوية المختارة، ومكان تلقيح الحيوان المنوي للخلية البيضية الثانوية في كلٍّ منهما.

ب. العازل الذكري واللولب من حيث دور كلٍّ منهما في منع الحمل.

جـ. الغشاء الرهلي وغشاء الكوريون في الجنين من حيث الوظيفة.

5. أدرس الشكل المجاور الذي يُبيِّن أطوار دورة الرحم، ثم أُجيب عن الأسئلة الآتية:



أ . ما أسماء أطوار دورة الرحم؟

ب. أُحدِّد أيام تدفُّق الطمث.

جـ. في أيِّ الأطوار تبدأ بطانة الرحم بالانسلاخ؟

6.لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:

1. يُفرَز هرمون التستوستيرون المسؤول عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية للذكر من:

أ . كيس الصفن. ب. خلايا لايدج.

جـ. البربخ. د . غدة البروستات.

2. من المشكلات التي تتمثل أعراضها بصعوبة التبوُّل وألم أثناءه، والتبوُّل المتكرّر بكميات قليلة، وألم في منطقة الحوض أو الظهر:

أ . الزهايمر. ب. الفشل الكلوي.

جـ. تضخُّم البروستات. د . انسداد قناة البيض.

3. يمثّل الغطاء المهبلي وسيلة من وسائل تنظيم النسل:

أ . الميكانيكية. ب. الهرمونية.

جـ. الكيميائية. د . الطبيعية.

4. الهرمون الذي يُحفِّز نمو القنوات الحليبية في ثدي الأُمِّ، هو:

أ . البرولاكتين. ب. الأوكسيتوسين.

جـ. البروجسترون. د . الإستروجين المشيمي.

5. عدد المجموعة الكروموسومية لنواة خلية بيضية ثانوية دخلت نواة حيوان منوي إلى سيتوبلازمها، هو:

أ . 2n ب. 1n

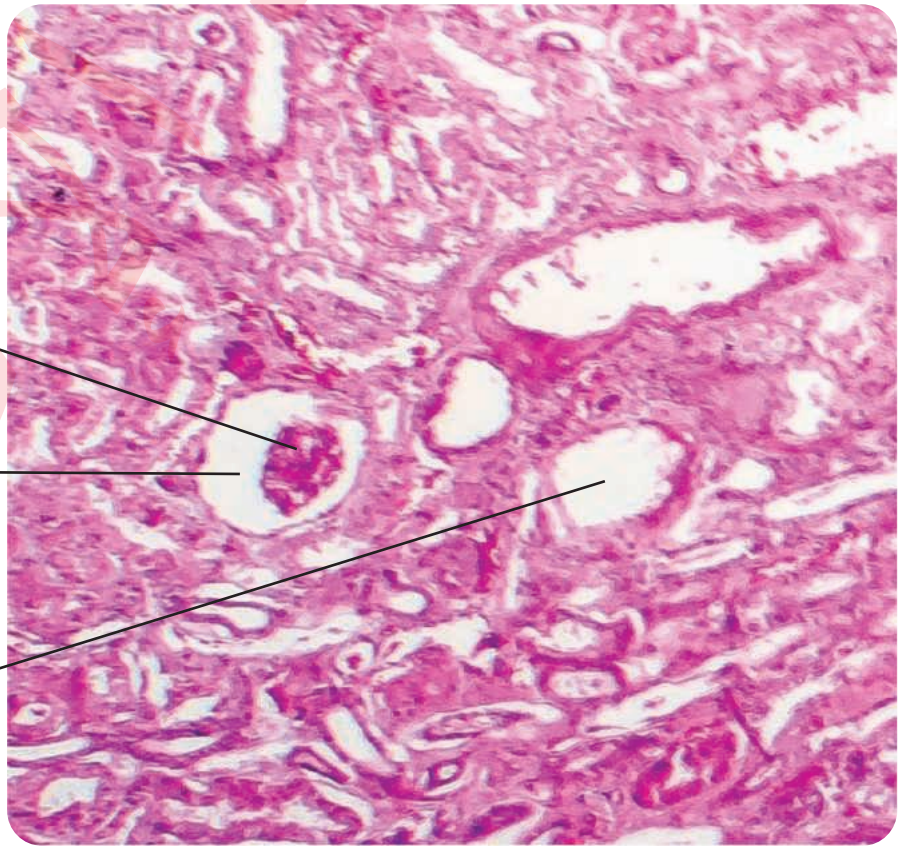
جـ. 2n+1 د . 1n+1

أثر تلوُّث الهواء في الكُلى والخصوبة

The Effect of Air Pollution on Kidneys and Fertility

أُجرِيت دراسات عالمية عِدَّة في العقد الماضي لتعرُّف أثر الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء Particulate Matter PM التي يبلغ قُطْرها 2.5 µm أو أقل في الصحة، ومن هذه الدراسات: دراسة تقصَّت تأثير تلوُّث الهواء في وظائف الكُلى، وشملت (2.5) مليون شخص، وأظهرت نتائجها أنَّ (45000) حالة جديدة من أمراض الكُلى المزمنة، و(2500) حالة جديدة من الفشل الكُلوي، قد تكون ناجمة عن مستويات مرتفعة من تلوُّث الهواء؛ إذ تَبيَّن أنَّ لدى المصابين بمرض الكُلى المزمن تشوُّهات في أجزاء الوحدة الأنبوبية الكُلوية، مثل ضمور الكبة، وتضخُّم محفظة بومان والأنابيب الملتوية القريبة؛ ما يؤدي إلى قصور في أداء الكُليتين، وإلى الفشل الكُلوي مستقبلًا.

وأشارت دراسات أُخرى إلى أنَّ تلوُّث الهواء بهذه الجسيمات الدقيقة التي تحوي مواد كيميائية سامة (منها المعادن الثقيلة، مثل: الرصاص، والكادميوم) قد يضرُّ كثيرًا بنوعية الحيوانات المنوية ونشاطها.



السؤال الأول:

لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:

1. توجد المُستقبِلات الأسموزية في:
   أ . قشرة الغُدَّة الكظرية.
   ب. النخامية الخلفية.
   جـ. النخامية الأمامية.
   د . تحت المهاد.
2. عند زيادة إفراز الهرمون المانع لإدرار البول:
   أ . يقل حجم البول ويزيد تركيزه.
   ب. يزداد حجم البول ويزيد تركيزه.
   جـ. يقل حجم البول ويقل تركيزه.
   د . يزداد حجم البول ويقل تركيزه.
3. أيٌّ ممّا يأتي يعمل على إفراز إنزيم الرينين:
   أ . الخلايا قرب الكبيبية.
   ب. الرئتان.
   جـ. قشرة الغُدَّة الكظرية.
   د . الكبد.
4. أيٌّ ممّا يأتي يعمل على تصنيع بروتين مُولِّد الأنجيوتنسين:
   أ . الخلايا قرب الكبيبية.
   ب. الرئتان.
   جـ. قشرة الغُدَّة الكظرية.
   د . الكبد.
5. المسار الصحيح لحيوان منوي في أثناء مغادرته الجسم هو:
   أ . من الخصيتين إلى الإحليل فالبربخ.
   ب. من الإحليل إلى الوعاء الناقل فالخصيتين.
   جـ. من البربخ إلى الوعاء الناقل فالإحليل.
   د . من الخصيتين إلى الوعاء الناقل فالبربخ.
6. تقنية المساعدة على الإخصاب التي تتضمَّن اختيار عدد من الحيوانات المنوية السليمة، ونقلها مباشرة إلى الرحم هي:
   أ . أطفال الأنابيب.
   ب. الحقن المجهري.
   جـ. التلقيح الصناعي.
   د . تجميد الأَجِنَّة.
7. الغُدَّة التي تحتوي إفرازاتها على سكر الفركتوز لتغذية الحيوانات المنوية هي:
   أ . كوبر.
   ب. الحوصلة المنوية.
   جـ. البروستات.
   د . تحت المهاد.
8. تسلسل مراحل تكّون الجنين ونموّه بالترتيب:
   أ. الانقسام – الحوصلة البلاستولية – الإخصاب – التوتة.
   ب. الانقسام – الإخصاب – التوتة – الحوصلة البلاستولية.
   جـ. الإخصاب – الانقسام – التوتة – الحوصلة البلاستولية.
   د. الإخصاب – التوتة – الحوصلة البلاستولية – الانقسام.
9. عند زيادة إفراز العامل الأذيني المُدِرّ للصوديوم يحدث:
   أ . نقص في حجم البول.
   ب. زيادة في حجم البول.
   جـ. لا يتأثر حجم البول.
   د . امتصاص ماء أكثر من الراشح.
10. جميع المواد الآتية يُعاد امتصاصها بعملية إعادة الامتصاص، **ما عدا:**
    أ . الحموض الدهنية.
    ب. الحموض الأمينية.
    جـ. الغلوكوز.
    د . الفيتامينات.

11. تحدث عملية الإفراز الأنبوبي في جميع أجزاء الوحدة الأنبوبية الكلوية الآتية **باستثناء**:

أ . الأنبوبة الملتوية القريبة.

ب. الأنبوبة الملتوية البعيدة.

جـ. القناة الجامعة.

د . الكُبة.

12. الغدّة المسؤولة عن إفراز هرمون ADH وتخزينه، هي:

أ . غدة تحت المهاد.

ب. الغدة النخامية الأمامية.

جـ. الغدة الكظرية.

د . الغدة النخامية الخلفية.

13. يُفرز مُولِّد أنجيوتنسين من:

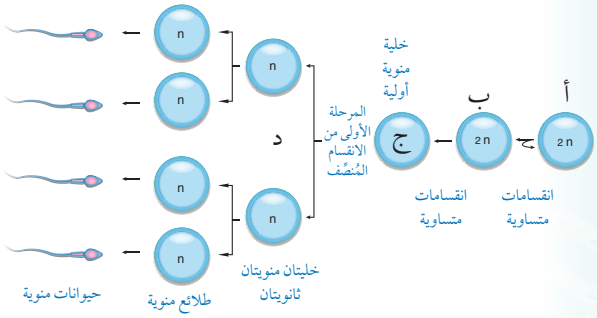
أ . الرئتين.

ب. الغدة فوق الكظرية.

جـ. الكبد.

د . الخلايا قرب الكبيبية.

* أستخدم الرسم التالي الذي يمثّل مراحل تكوُّن الحيوانات المنوية للإجابة عن الأسئلة (14–17):



14. الخلايا التي يمثّلها الحرف (أ) هي:

أ . خلايا لايدج.

ب. الخلايا المنوية الأم.

جـ. الغدد التناسلية.

د . الخلايا التناسلية الأولية.

15. الخلايا الممثلة بالحرف (ب)، هي:

أ . الخلايا المنوية الأم.

ب. خلايا لايدج.

جـ. غدة كوبر.

د . الخلايا التناسلية الأولية.

16. عدد المجموعة الكروموسومية في الخلية التي يمثّلها الحرف (جـ):

أ . 1n ب. 2n

جـ. 2n+1 د . 2n−1

17. نوع الانقسام الممثل بالحرف (د)، هو:

أ . الانقسام المتساوي، المرحلة الثانية.

ب. الانقسام المُنصِّف، المرحلة الأولى.

جـ. الانقسام المتساوي، المرحلة الأولى.

د . الانقسام المُنصِّف، المرحلة الثانية.

18. يعمل أنجيوتنسين II على:

أ . تحفيز إفراز محوّل أنجيوتنسين I.

ب. تحفيز إفراز مولد الأنجيوتنسين.

جـ. تحفيز إفراز إنزيم رينين.

د . تضيّق الأوعية الدموية.

19. تنتقل الحيوانات المنوية بعد تكوُّنها من الأُنيبيبات المنوية في الخصية إلى:

أ . كيس الصفن. ب. البربخ.

جـ. الإحليل. د . الوعاء الناقل.

20. تُخزَّن الحيوانات المنوية في الجهاز التناسلي الذكري في:

أ . الإحليل. ب. البروستاتا.

جـ. الحويصلات المنوية. د . البربخ.

السؤال الثاني:

أدرس الجدول الآتي الذي يُبيِّن تراكيز (5) مواد في كلٍّ من البلازما، والكبة، والبول بوحدة gm/cm^3، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:

المادة	التركيز في البلازما	التركيز في الكبة	التركيز في البول
حموض أمينية	0.05	0.05	0
غلوكوز	0.1	0.1	0
أملاح	0.9	0.9	$\leq 0.9 - 3.6$
بروتين	8	0	0
يوريا	0.02	0.02	2

1. أيُّ المواد لم تنتقل من الدم إلى الوحدة الأنبوبية الكُلوية؟
2. ما سبب عدم انتقالها؟
3. أيُّ المواد أُعيد امتصاصها بصورة كاملة؟
4. يعاد امتصاص ما نسبته 99% من السوائل والمواد التي تُرشَّح، ثم يتكوَّن البول من الفضلات والسوائل المتبقية، ويطرح الشخص في المتوسط 1.5 L من البول يوميًّا:
   أ. ما النسبة المئوية للبول المطروح؟
   ب. كم لترًا من البول ينتج يوميًّا إذا لم تحدث عملية الامتصاص؟
5. **أتوقَّع**: ماذا سيحدث لجسمي إذا لم تحدث عملية إعادة الامتصاص؟

السؤال الثالث:

في اليوم الأول من أيام تدريب إحدى فرق كرة القدم، طُلب إلى كل طالب متدرب، إحضار عينة من البول من أجل تحليلها، وبعد ظهور النتائج في اليوم اللاحق، طُلب إلى الطالبين الأول والثاني مراجعة الطبيب. وبعد أيام عدة، استُبعِد الطالب الثالث من الفريق.

أدرس الجدول الآتي الذي يبين نتائج تحليل عينات البول للطلبة الثلاثة، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

المادة	النتيجة			القراءة الطبيعية
	الطالب (1)	الطالب (2)	الطالب (3)	
خلايا دم حمراء	لا توجد	(3–6)	(0–2)	(0–3)
خلايا دم بيضاء	(0–2)	(10–12)	(1–3)	(0–3)
بكتيريا	لا توجد	لم تُلاحَظ	لا توجد	لا توجد
بروتين	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
غلوكوز	يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
مواد مخدرة	لا توجد	لا توجد	توجد	لا توجد

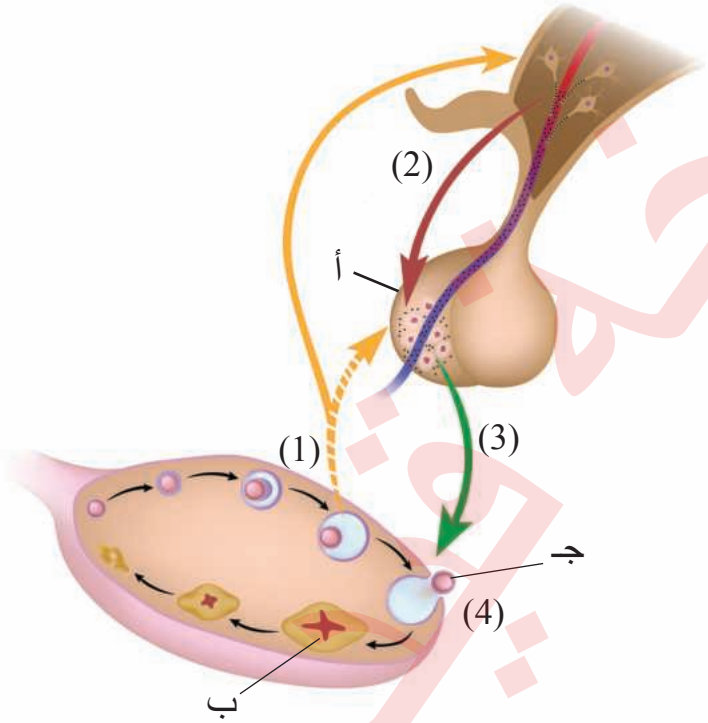
أ. يتكوَّن البول من ماء وأملاح. **أُفسِّر** سبب وجود الغلوكوز في بول الطالب الأول.

ب. تَبيَّن وجود التهاب في المجاري البولية لدى الطالب الثاني، أيُّ القراءات اعتمدها الطبيب لهذا التشخيص؟

جـ. **أتوقَّع**: كيف طُرِحت المادة المخدرة في بول الطالب الثالث الذي استُبعِد من الفريق؟

السؤال الرابع:

أدرس الشكل الآتي الذي يُبيِّن تنظيم الهرمونات لدورة المبيض عند الأنثى، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ . أذكر أسماء الأجزاء المشار إليها بالأحرف: (أ)، و(ب)، و(جـ).

ب. أذكر أسماء الهرمونات المشار إليها بالأرقام: (1)، و(2)، و(3).

جـ. أُحدِّد اسم العملية المشار إليها بالرقم (4).

د . أُحدِّد الهرمونات التي يُنظِّم عملها آلية التغذية الراجعة الإيجابية في أثناء الدورة.

السؤال الخامس:

أُصنِّف وسائل تنظيم النسل الآتية إلى كيميائية، وهرمونية، وميكانيكية: الغطاء المهبلي، لصقات منع الحمل، الجلُّ.

السؤال السادس:

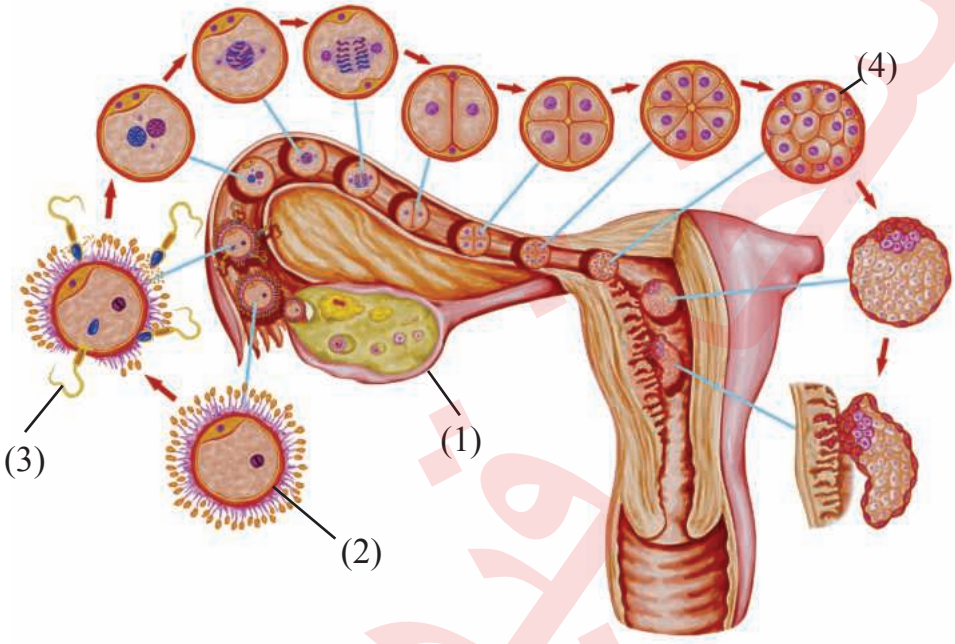
أُفسِّر كلًّا ممّا يأتي:

أ . وجود الخصيتين في كيس الصفن خارج الجسم شرط لإنتاج الحيوانات المنوية بصورة صحيحة.

ب. ضغط رأس الجنين في أثناء الولادة على عنق الرحم يُحفِّز الولادة.

السؤال السابع:

أدرس الشكل الآتي الذي يُبيِّن عملية الإخصاب وتطوُّر الزيجوت في الأسبوع الأول من الإخصاب، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ . أذكر أسماء الأجزاء المشار إليها بالأرقام: (1)، و(2)، و(3).

ب. أذكر اسم المرحلة المشار إليها بالرقم (4).

جـ. ما عدد خلاياها؟

د . أُوضِّح كيف تتمكَّن الحوصلة البلاستولية من الانغراس في بطانة الرحم.

السؤال الثامن:

أ . كيف تتكوَّن الحيوانات المنوية في الخصية؟

ب. ما دور الهرمونات في عملية تكوين الحيوانات المنوية؟

جـ. ما التغيُّرات التي تطرأ على الجنين في الثلث الثاني من الحمل؟

السؤال التاسع:

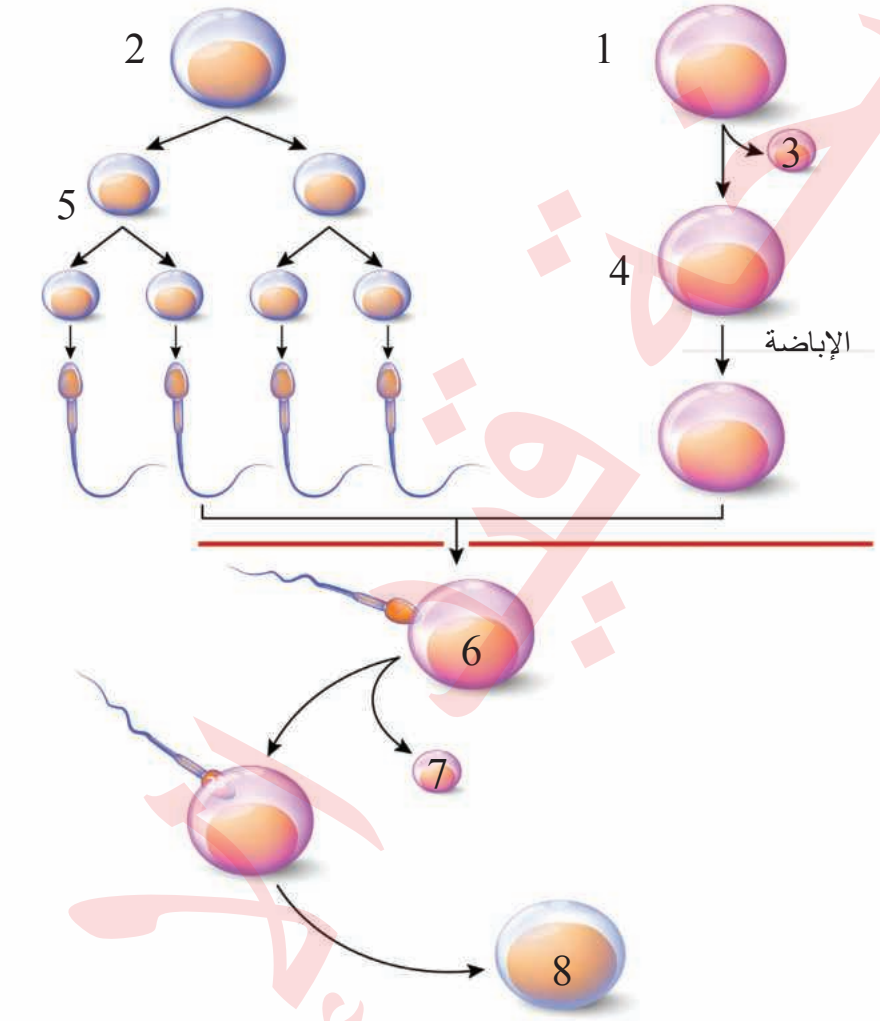
أُوضِّح التلاؤم بين التركيب والوظيفة لكلٍّ ممّا يأتي:

أ . تركيب قناة البيض، والتقاط الخلية البيضية الثانوية ودفعها نحو الرحم.

ب. الرحم، وحمل الجنين، وتغذيته، وحمايته.

السؤال العاشر:

أدرس الشكل الآتي الذي يُبيِّن مراحل تكوُّن الجاميتات والإخصاب في جسم الإنسان، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ . أُحدِّد أسماء الخلايا المشار إليها بالأرقام: (1)، و(4)، و(8).

ب. ما المجموعة الكروموسومية بدلالة (n) في الخلايا المشار إليها بالأرقام: (2)، و(4)، و(5)؟

جـ. أذكر نوع الانقسام الذي حدث في الخلية رقم (2).

د . أُوضِّح كيف تُحفَّز الخلية رقم (6) على إكمال المرحلة الثانية من الانقسام المُنصِّف.

هـ. أُوضِّح مصير الخلية رقم (3)، والخلية رقم (7).

الوحدة 9

المناعة والمضادات الحيوية

Immunity and Antibiotics

قال تعالى:

﴿ وَإِذَا مَرِضْتُ فَهُوَ يَشْفِينِ ﴿٨٠﴾ ﴾ (سورة الشعراء، الآية 80).

أتأمَّل الصورة

يتعرَّض الجسم للعديد من المواد والكائنات التي قد تُسبِّب له الأمراض. فكيف يقاوم الجسم مُسبِّبات الأمراض؟ ما علاقة حالة الإنسان النفسية بصحة جسمه؟ كيف تُسهِم المضادات الحيوية المختلفة في حماية الجسم من الأمراض؟

الفكرة العامة:

يوجد في بيئتنا الخارجية كائنات ومواد قد تُضعِف أجسامنا، وتُسبِّب لنا الأمراض، ويسعى الجسم إلى التغلُّب عليها عن طريق جهاز المناعة، وقد ساعد اكتشاف المضادات الحيوية على الحد من انتشار كثير من الأمراض.

الدرس الأول: جهاز المناعة وبعض مشكلاته.

الفكرة الرئيسة: تُسهِم الاستجابة المناعية بنوعيها؛ الطبيعية (غير المُتخصِّصة)، والمُكتسَبة (المُتخصِّصة) في حماية الجسم، والمحافظة على صحته.

الدرس الثاني: المضادات الحيوية.

الفكرة الرئيسة: تساعد المضادات الحيوية على علاج العديد من الأمراض، أو الوقاية منها. وهي تختلف في ما بينها من حيث آلية عملها في القضاء على مُسبِّبات الأمراض.

اختبار الحساسية للمضادات الحيوية

المواد والأدوات: أطباق بتري جاهزة فيها آجار، أقراص ورقية لمضادات حيوية مختلفة، حاضنة، شريط ورقي لاصق، قلم تخطيط، قفّازات، ماسحة قطنية معقمة.

إرشادات السلامة: غسل اليدين بالماء والصابون جيدًا قبل إجراء التجربة وبعدها.

خطوات العمل:

1. **أُجرِّب:**
   - أقسم كل طبق إلى أربعة أقسام متساوية، ثم أُرقِّمها من (1) إلى (4).
   - أزرع في كل طبق مُسبِّبات الأمراض من أحد المصادر الآتية، وأستخدم لذلك الماسحة القطنية: الفم، الأنف، اليدان، مقعد الطالب/ الطالبة، ... .
   - أضع أربعة أقراص مختلفة من المضادات الحيوية المختلفة، على أن يتوسَّط قرص كل جزء مُرقَّم من الطبق الواحد.
2. أُثبِّت الغطاء بالطبق باستخدام الشريط الورقي اللاصق.
3. أنقل أطباق بتري إلى الحاضنة، ثم أضبط درجة حرارة الحاضنة على 37 °C، مع مراعاة وضع الأطباق بصورة مقلوبة في الحاضنة، وأتركها مدَّة تتراوح بين 24 h و 36 h.
4. **أُلاحِظ** نمو البكتيريا، وأُقارِن بين معدلات نموها على أجزاء الطبق المختلفة، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتج** سبب وضع طبق بتري مقلوبًا داخل الحاضنة.
2. **أتوقَّع** سبب ضبط درجة الحرارة داخل الحاضنة على 37 °C.
3. **أُفسِّر:** لماذا يختلف نمو البكتيريا في أجزاء الطبق المختلفة، وحول أقراص المضادات الحيوية؟

الدرس 1

جهاز المناعة وبعض مشكلاته

The Immune System and some of its Problems

الفكرة الرئيسة:

تُسهِم الاستجابة المناعية بنوعيها؛ الطبيعية (غير المُتخصِّصة)، والمُكتسَبة (المُتخصِّصة) في حماية الجسم، والمحافظة على صحته.

نتاجات التعلُّم:

- أُفسّر آلية مقاومة المرض، والمناعة في الجسم.
- أستقصي مدى تأثير الحالة النفسية في صحة الإنسان.
- أصف بعض مشكلات جهاز المناعة.

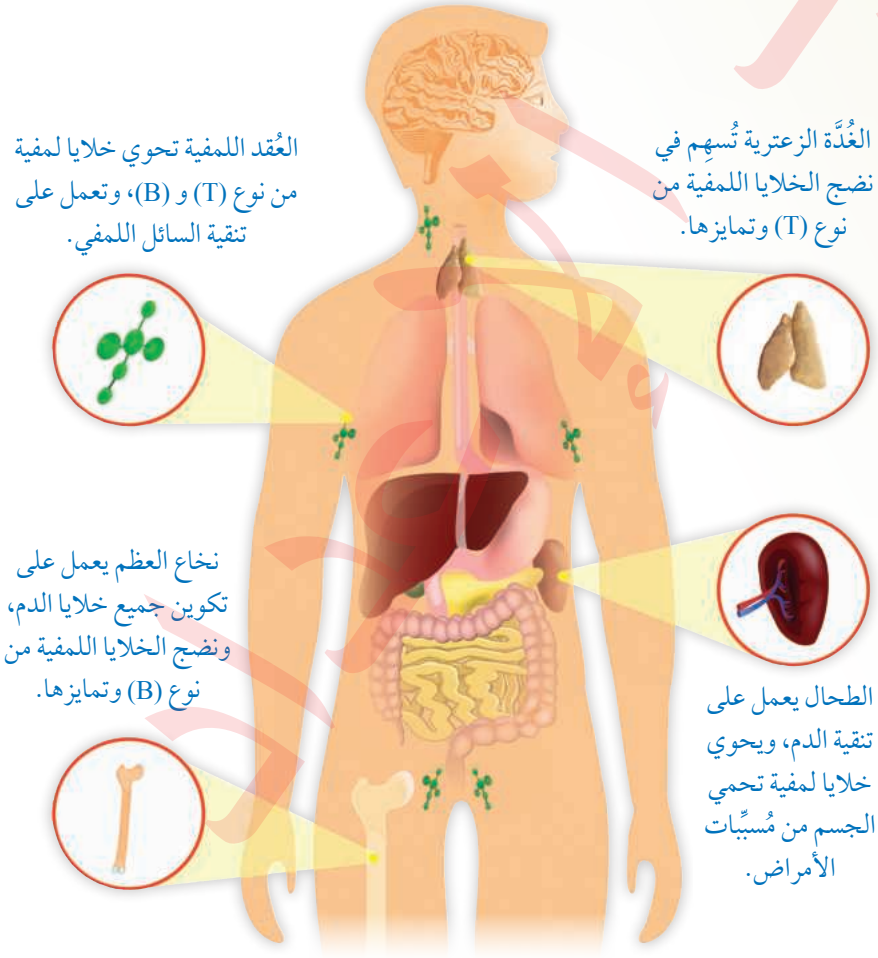
المفاهيم والمصطلحات:

الاستجابة المناعية	Immune Response
البلعمة	Phagocytosis
الاستجابة الخلوية	Cellular Response
الاستجابة السائلة	Humoral Response
تفاعل الحساسية	Allergic Reaction

الاستجابة المناعية Immune Response

يتعرَّض جسم الإنسان لبعض الكائنات الدقيقة والمواد المختلفة التي قد تُسبِّب له الأمراض؛ ما يدفعه إلى المحافظة على صحته، ومقاومة مُسبِّبات الأمراض عن طريق جهاز المناعة The Immune System الذي يتكوَّن من مجموعة أعضاء وأنسجة منتشرة في مختلف أنحاء الجسم، تُعزِّز الاستجابة المناعية (المناعة).

تُصنَّف أعضاء جهاز المناعة إلى أعضاء لمفية رئيسة تشمل نخاع العظم (Bone Marrow) والغُدَّة الزعترية (Thymus gland)، وأعضاء لمفية ثانوية تشمل الطحال والعُقد اللمفية، أنظر الشكل (1).



الشكل (1): بعض أجزاء جهاز المناعة، ووظائفها.

يُطلَق على عملية تعرُّف الجسم مُسبِّبات الأمراض والمواد الغريبة ومقاومته إيّاها اسم **الاستجابة المناعية Immune Response** التي تشمل الاستجابة المناعية الطبيعية (غير المُتخصِّصة)، والاستجابة المناعية المُكتسَبة (المُتخصِّصة).

تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ الدم يحوي خلايا دم بيضاء تُسهِم في تعزيز مناعة الجسم، ويعتمد عملها على مقاومة مُولِّدات الضد الغريبة التي تدخل الجسم.

تحمل خلايا الجسم على سطوحها بروتينات سكرية تُسمّى مُولِّدات الضد الذاتية Self Antigen، ولا يتسبَّب وجودها في حدوث أيِّ استجابة مناعية ضدها؛ أيْ لا يهاجمها جهاز المناعة في الحالات الطبيعية، في حين يتعرَّف الجسم مُولِّدات الضد التي تدخله، ويَعُدُّها غريبة، وتُسمّى مُولِّدات الضد غير الذاتية Non Self Antigen.

أتحقَّق: أُوضِّح المقصود بالاستجابة المناعية.

أفكّر الصدفية مرض يتعرَّف فيه الجهاز المناعي بعض مُولِّدات الضد الذاتية بوصفها مُولِّدات ضد غير ذاتية. أُفسِّر ذلك.

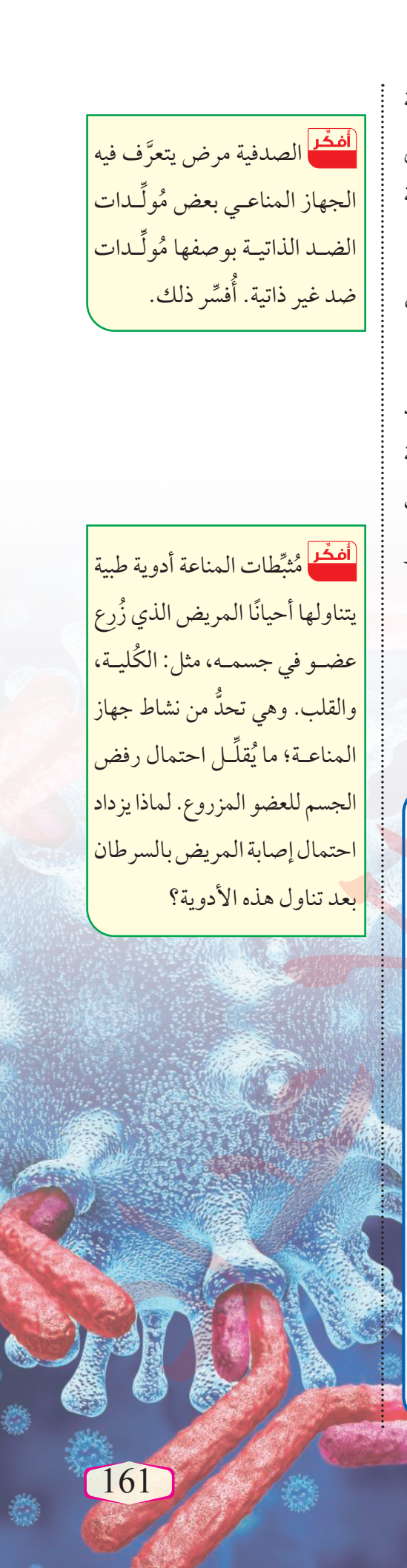
أفكّر مُثبِّطات المناعة أدوية طبية يتناولها أحيانًا المريض الذي زُرِع عضو في جسمه، مثل: الكُلية، والقلب. وهي تحدُّ من نشاط جهاز المناعة؛ ما يُقلِّل احتمال رفض الجسم للعضو المزروع. لماذا يزداد احتمال إصابة المريض بالسرطان بعد تناول هذه الأدوية؟

الربطُ بالصحّةِ

يخضع بعض الأشخاص لعملية استئصال الطحال أو الغُدَّة الزعترية لأسباب صحية.

يؤثر استئصال الطحال في معظم الوظائف التي يؤدّيها، ويصبح الجسم أكثر عرضة لخطر الإصابة بالمرض أو بأنواع العدوى الخطيرة. ويبلغ هذا الخطر أشدّه بعد إجراء الجراحة مباشرة. قد يواجه الأشخاص الذين استأصلوا الطحال صعوبة أكبر في التعافي من مرض أو إصابة، ولتقليل خطر الإصابة بالعدوى، قد يوصي الطبيب/ الطبيبة بتلقي تطعيمات ضد الالتهاب الرئوي، والإنفلونزا وغيرها،أو تناول مضادات حيوية وقائية، وخاصة للأطفال الذين تقل أعمارهم عن 5 أعوام، والأشخاص الذين لديهم حالات مرضية أخرى تزيد من خطر الإصابة بالعدوى الشديدة.

الغدة الزعترية هي غدة صغيرة تقع خلف عظم القص، وتكمن أهميتها في وظيفتها التي تمثل جزءًا من الجهاز المناعي، وفيها تنضج الخلايا اللمفية T التي تقي الجسم من العدوى، أو الإصابة بالسرطان، ويستمر تأثيرها مدى الحياة .



الشكل (2): الاستجابة المناعية الطبيعية (غير المُتخصِّصة).

الاستجابة المناعية الطبيعية (غير المتخصِّصة)

Non–Specific Immune Response

تحدث الاستجابة المناعية غير المُتخصِّصة عند محاولة مُسبِّبات الأمراض دخول الجسم، أو بعد دخولها فيه، وتكون هذه الاستجابة غير مُتخصِّصة؛ لأنَّها تحارب مُسبِّبات الأمراض جميعها، ولا يقتصر عملها على محاربة نوع مُحدَّد منها، أنظر الشكل (2).

خط الدفاع الأول First Line of Defence

يُمكِن للجلد الحدُّ من دخول مُسبِّبات الأمراض بسبب طبقات الخلايا الميتة التي تُمثِّل سطح الجلد، ولكنه قد يتعرّض لحدوث جروح أو حروق أو خدوش فيه؛ ما يسمح لمُسبِّبات الأمراض أنْ تدخل الجسم بسهولة عن طريقها، إضافة إلى إمكانية دخولها عن طريق الفم والأنف والعينين إذا لم تتوافر وسائل الدفاع غير المُتخصِّصة الأُخرى لحماية هذه الأعضاء، أنظر الشكل (3).

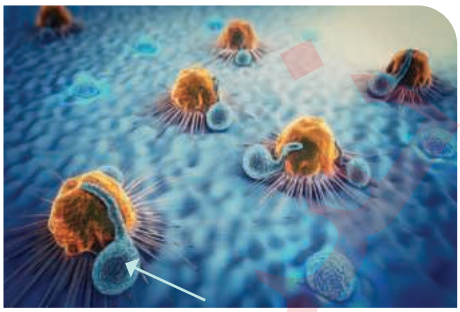
يستطيع المخاط واللعاب والدموع القضاء على مُسبِّبات الأمراض؛ لاحتواء كلٍّ منها على إنزيم اللايسوزيم Lysozyme الذي يعمل على تحلُّل مُسبِّبات الأمراض. وكذلك يَحجز المخاط في الأنف والقصبة الهوائية مُسبِّبات الأمراض، ثم تدفع الأهداب مُسبِّبات الأمراض المحتجزة بالمخاط إلى خارج الرئتين، في حين تُحلِّل إفرازات المعدة بعض مُسبِّبات الأمراض التي ابتُلِعت.

الربطُ بعلمِ الأمراضِ

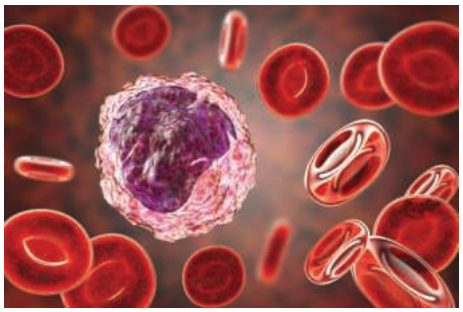
المرض المُعدي هو مرض يحدث عندما ينتقل مسبِّب المرض من كائن حيّ إلى آخر عن طريق الاتصال المباشر أو غير المباشر، أو عبر نواقل مُسبّبات الأمراض، مثل أنثى البعوض الناقلة لمسبّب مرض الملاريا، هذا الانتقال يؤدي إلى اختلال الاتزان الداخلي في جسم الكائن الحي. قد تنتج الإصابة بالأمراض المُعدية بسبب بعض أنواع البكتيريا والفيروسات والفطريات والطفيليات، وغيرها. تُستخدَم المضادات الحيوية لعلاج كثير من الأمراض، ويمكن استخدام المطاعيم للوقاية من الإصابة ببعض الأمراض والحدّ من انتشارها.

✓ **أتحقَّق:** مِمَّ يتكوَّن خط الدفاع الأول؟

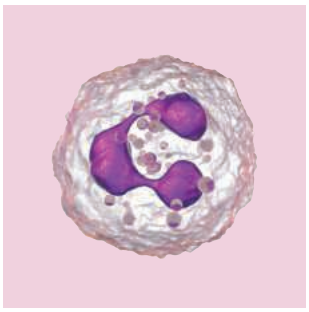
الشكل (3): صورة مجهرية للجلد.



(أ) خلايا قاتلة طبيعية.



(ب) خلية وحيدة النواة.



(جـ) خلية متعادلة.

الشكل (4): أنواع الخلايا الدفاعية.

خط الدفاع الثاني Second Line of Defense

يُمكِن لمُسبِّبات الأمراض دخول الجسم من أماكن مختلفة، مثل وجود جرح في الجلد، فيتأهَّب خط الدفاع الثاني للدفاع عن الجسم بآليات مختلفة، تشمل الخلايا الدفاعية، والإنترفيرونات، والاستجابة الالتهابية، والحُمّى، والبروتينات المتممة.

الخلايا الدفاعية Defence Cells

تتكوَّن الخلايا الدفاعية من الخلايا البيضاء الأكولة Phagocytes، والخلايا القاتلة الطبيعية Natural Killer Cells التي توجد في الطحال والدم، ويُمكِنها تمييز الخلايا المصابة بالفيروسات والخلايا السرطانية، أنظر الشكل (4). يُمكِن للخلايا البيضاء الأكولة تغيير شكلها بسرعة أكبر من معظم الخلايا، وهي تحوي داخلها العديد من عُضيّات الميتوكندريا التي تُوفِّر ATP اللازمة لعملها، ومن الأمثلة عليها: الخلايا المتعادلة Neutrophils، والخلايا وحيدة النوى Monocytes.

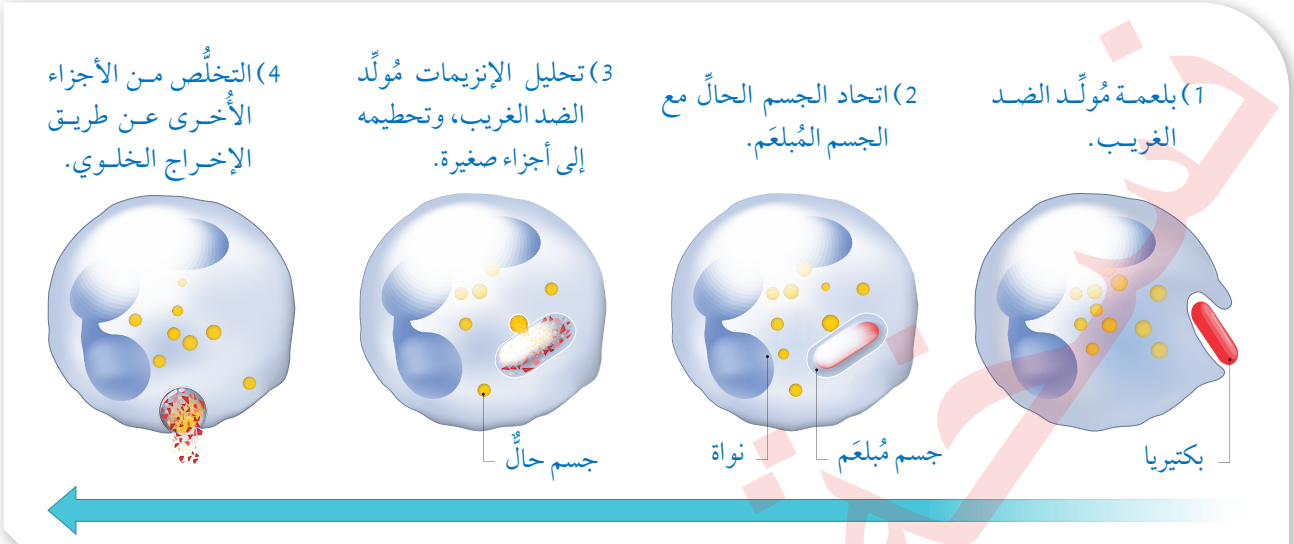
الربطُ بعلمِ الأمراضِ

البروتينات المتممة هي مجموعة من البروتينات إذا حُفِّز أحدها تحدث سلسلة من التفاعلات تؤدي في النهاية إلى تحلل مسببات المرض الداخلة في الجسم وتسهل عملية بلعمتها. حيث إن ارتباط الأجسام المضادة بالغشاء البلازمي للخلية المسببة للمرض (مولد الضد) يليه تنشيط البروتينات المتممة يؤدي إلى إحداثها ثقوبًا في الغشاء البلازمي للخلية المسببة للمرض ودخول السوائل إلى داخل الخلية، فتتحلل الخلية.

الربطُ بالصحة

تُعدّ اللوزتان من الأجزاء المهمة في خط الدفاع الأول للجسم ضد الأجسام الغريبة، إذ تعملان على تنقية المواد التي تدخل الجسم من الفيروسات والجراثيم، حيث يزداد حجمهما (تتضخّمان) وتقضيان على الميكروبات بواسطة الخلايا اللمفية التي تخزنها، وقد تصبحان مصدرًا للعدوى في بعض الحالات، مما يستدعي استئصالهما.

أما الزائدة الدودية فتوجد في بداية الأمعاء الغليظة، وهي ذات شكل أسطواني ونهاية مسدودة، ولها فائدة مناعية، إذ تحتوي على نسيج لمفيّ (يحتوي على خلايا لمفية B و T) يساعد على تنقية الجسم من البكتيريا والفيروسات الدخيلة، وتكوين مناعة ضدها.



الشكل (5): عملية البلعمة.

الخلايا المتعادلة هي خلايا بلعمية لها نواة مفصصة، توجد بصورة رئيسة في الدم، ولكن يُمكِنها مغادرة الشعيرات الدموية، ودخول أنسجة الجسم المختلفة، مثل: الكبد، والطحال. أمّا الخلايا وحيدة النوى فتحوي نواة كبيرة على شكل كُلية، وما إنْ تغادر الدم حتى تصبح خلايا أكولة كبيرة Macrophages، وهي أكبر الخلايا البلعمية، وتوجد في السائل اللمفي والأنسجة والرئتين، وتعمل على بلعمة الأجسام الغريبة أو مُسبِّبات الأمراض قبل دخولها الدم. أنظر الشكل (5) الذي يُبيِّن خطوات **عملية البلعمة Phagocytosis**. تنتهي عملية البلعمة في الخلايا المتعادلة والخلايا وحيدة النوى بهضم الجسم الغريب أو مُسبِّب المرض، وموته، ثم تموت الخلية المُبلعِمة غالبًا بعد هذه العملية. أمّا بالنسبة إلى الخلايا الأكولة الكبيرة فقد يظهر جزء من مُولِّد الضد على سطحها؛ ما يؤدي إلى إشهار مُولِّد الضد Antigen Presentation، وتُسمّى الخلية المُبلعِمة الخلية الأكولة المُشهِرة لمُولِّد الضد Antigen–Presenting Cell، وهي تُمكِّن خلايا الجهاز المناعي الأُخرى من تعرُّف مُولِّد الضد بسهولة أكبر؛ ما يعني أنَّ للخلايا المُشهِرة لمُولِّد الضد دورًا في الاستجابة المناعية المُتخصِّصة أيضًا.

الإنترفيرونات Interferons

تُنتِج الخلايا المصابة بالفيروسات بروتينات تُسمّى الإنترفيرونات Interferons، وهي تُحفِّز الخلايا المجاورة للخلايا المصابة على إنتاج مواد مضادة للفيروسات، تمنع تزايد أعدادها، والإصابة بها.

الربط بالتاريخ

في عام 1957م، اكتشف عالِم البكتيريا البريطاني أليك إيزاك وعالِم الأحياء الدقيقة السويسري جين لينـدنمان الإنترفيرونـات. وفي سبعينيات القرن الماضي، كشفت أبحاث أنَّ هذه المواد تمنع نمو السرطانات في أجسام بعض حيوانات المختبر؛ ما قد يجعلها دواءً فاعلًا قادرًا على علاج مجموعة واسعة من الأمراض، غير أنَّ آثاره الجانبية التي تشـمل الحُـمّى، والتعب، وانخفاض إنتاج خلايا الدم حالت دون استخدامه لعـلاج أقـل الأمراض خطـورة. وفي الثمانينيات من القرن نفسه، بدأ استخدام ألفا إنترفيرون بجرعات منخفضة لعلاج بعض أنواع سرطان الدم (اللوكيميا)، وبعض أنواع سرطان الجلد.

واليوم تستخدم شركات تصنيع الأدوية تكنولوجيا الجينات في تصنيع كميات كبيرة من الإنترفيرونات لعلاج الأمراض الفيروسية، مثل الكبد الوبائي C.

الاستجابة الالتهابية Inflammatory Response

تنتج الاستجابة الالتهابية من إصابة الأنسجة بجرح، أو دخول مُسبِّبات الأمراض في الجسم، فتحدث تغيُّرات فيه بسبب المواد التي تُطرَح في منطقة الإصابة. يُعَدُّ الهستامين Histamine الذي تُفرِزه الخلايا الصارية Mast Cells من أهم هذه المواد؛ إذ يؤدي إلى توسُّع الشعيرات الدموية، ويزيد من نفاذيتها؛ فتخرج البلازما من الدم إلى الأنسجة المجاورة مُسبِّبةً انتفاخها.

تتشارك الخلايا الأكولة الكبيرة والخلايا المتعادلة في الاستجابة الالتهابية، وذلك بإفرازها سايتوكاينات تعمل على زيادة تدفُّق الدم إلى مكان الإصابة؛ ما يؤدي إلى احمرار منطقة الإصابة، وارتفاع درجة حرارتها، أنظر الشكل (6).

الحُمّى Fever

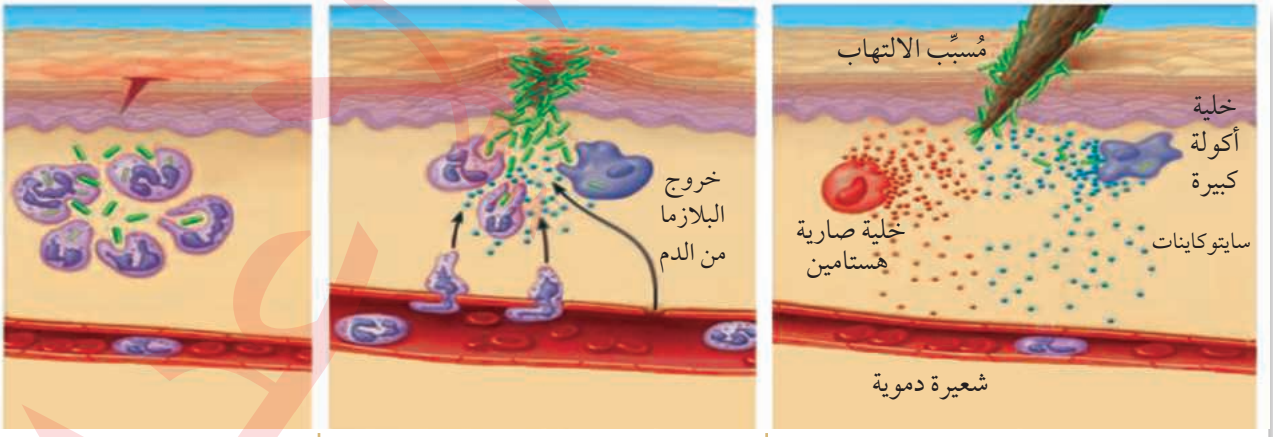
يُفرِز جهاز المناعة مواد كيميائية تزيد درجة حرارة الجسم، وتُسبِّب الحُمّى. وارتفاع درجة حرارة الجسم قد يُبطِّئ (أو يُثبِّط) نمو بعض أنواع مُسبِّبات الأمراض.

أتحقَّق: أُوضِّح المقصود بعملية إشهار مُولِّد الضد.

الربط بالصحة النفسية

يؤثر القلق والتوتر أو أي مشكلات تتعلق بصحة الجهاز العصبي في زيادة مستوى هرمونات الإجهاد والتوتر في الجسم، ومنها: هرمون الكورتيزول، وهرمون الأدرينالين، ممّا يضع ضغطًا إضافيًّا على الجهاز المناعي ويُضعفه، وهذا قد يزيد من خطر بعض المشكلات الصحية، مثل: زيادة خطر العدوى وتكرارها، وبطء التئام الجروح، والتأثيرات السلبية على صحة الجلد. هناك علاقة وثيقة بين الجهاز المناعي والجهاز العصبي، إذ يجري التواصل بينهما من خلال إفراز السيتوكاينات التي تنتقل إلى الدماغ وتؤثر على النواقل العصبية التي تتحكم في المزاج والصحة النفسية، ممّا يؤدي إلى اضطراب مستويات السيروتونين، والدوبامين، والجلوتاميت، وهذا بدوره قد يزيد من خطر الإصابة بالأمراض النفسية.

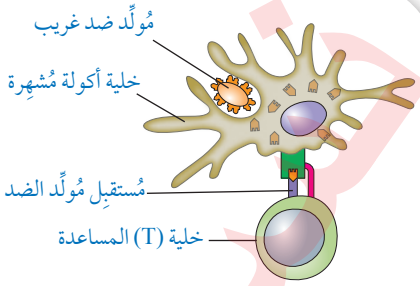
الشكل (6): الاستجابة الالتهابية.



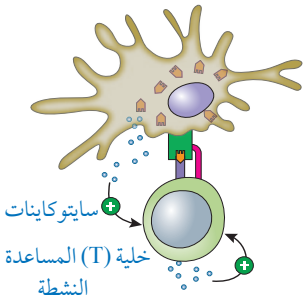
عند حدوث قطع أو جرح في الجلد تُفرِز الخلايا الصارية مادة الهستامين Histamine التي تسبّب توسُّع الشعيرات الدموية، وتُفرِز الخلايا الأكولة الكبيرة مواد كيميائية أُخرى تزيد من تدفُّق الدم في منطقة الإصابة.

يزداد توسُّع الشعيرات الدموية، فتصبح أكثر نفاذية؛ ما يسمح بدخول البلازما، وما تحويه من مواد مضادة للأجسام الغريبة من الدم إلى النسيج (منطقة الإصابة). وتتشارك الخلايا المتعادلة والخلايا الأكولة الكبيرة في الاستجابة الالتهابية.

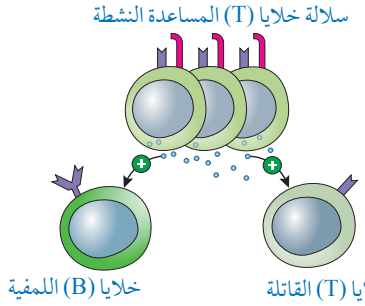
تبتلع الخلايا المتعادلة مُسبِّبات الأمراض وبقايا الخلايا الميتة؛ ما يُسهِم في شفاء منطقة الإصابة.



ابتلاع الخلية الأكولة المُشهِرة مولِّد الضد الغريب، ثم ارتباط خلية (T) المساعدة بمُولِّد الضد المُشهَر.



ارتباط خلية (T) المساعدة بمُولِّد الضد المُشهَر يُحفِّز إفراز الخلية الأكولة المُشهِرة سايتوكاينات تُنشِّط خلية (T) المساعدة، فتصبح قادرة على إفراز السايتوكاينات.



تُحفِّز السايتوكاينات انقسام خلية (T) المساعدة وتمايزها؛ ما يؤدي إلى تكوُّن سلالة نشطة من خلايا (T) المساعدة، وتُفرِز هذه السلالة النشطة من خلايا (T) المساعدة مزيدًا من السايتوكاينات التي تعمل على تنشيط خلايا (B) اللمفية وخلايا (T) القاتلة.

الاستجابة المناعية المُتخصِّصة
The Specific Immune Response

تشارك خلايا دم بيضاء مُتخصِّصة في الاستجابة المناعية، في ما يُعرَف باسم الخلايا اللمفية Lymphocytes، ويوجد في جسم الإنسان نوعان منها، هما: الخلايا اللمفية B–lymphocyte (B)، والخلايا اللمفية T–lymphocytes (T).

يوجد نوعان من الاستجابة المناعية المُتخصِّصة، بحسب الخلايا اللمفية المشاركة فيها، هما: الاستجابة الخلوية، والاستجابة السائلة.

الاستجابة الخلوية Cellular Response

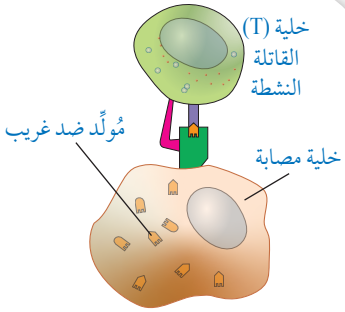
يُطلَق على الاستجابة المناعية التي تنتج من عمل خلايا (T) اللمفية اسم **الاستجابة الخلوية Cellular Response.** ومن الأمثلة على خلايا (T) اللمفية: المساعدة Helper (T) Cells، وخلايا (T) القاتلة Cytotoxic (T) Cells؛ وهي خلايا لمفية تهاجم الخلايا المصابة بالفيروسات والخلايا السرطانية؛ لأتعرَّف آلية عملها، أنظر الشكلين: (7)، و (8).

الشكل (7): آلية عمل خلايا (T) المساعدة.

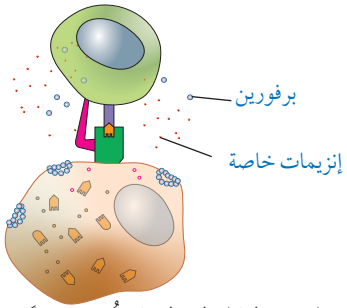
أفكِّر أُفسِّر سبب تمكُّن خلايا (T) القاتلة من القضاء على الخلايا السرطانية.

أتحقَّق: أتتبَّع آلية عمل خلايا (T) القاتلة.

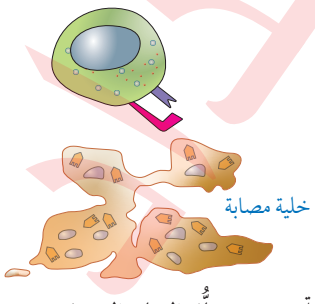
الشكل (8): آلية عمل خلايا (T) القاتلة.



ارتباط خلية (T) القاتلة النشطة بالخلية المصابة عن طريق مُستقبِلات خاصة.



إفراز خلية (T) القاتلة النشطة مادة تُحدِث ثقوبًا في الغشاء البلازمي للخلية المصابة، وتُسمّى البرفورين، إضافةً إلى إفرازها إنزيمات خاصة تدخل الخلية المصابة عن طريق الإدخال الخلوي، وتُحلِّل بروتينات الخلية المصابة.



تحلُّل الخلية المصابة، ثم موتها.

الربطُ بعلم الأورام

يُهاجِم جهاز المناعة الخلايا السرطانية لحماية الجسم، وتسهم عوامل عدة وراثية وبيئية في زيادة خطر الإصابة بمرض السرطان. أحيانًا تعود الزيادة في هذا الخطر إلى جين محدد، أو إلى تفاعل مجموعة من الجينات معًا. ترفع المُلوِّثات المختلفة والمخلّفات الصناعية ودخان السجائر من احتمالية الإصابة بمرض السرطان، فمثلًا: قد يؤدّي التعرّض لمادة الأسبستوس إلى الإصابة بسرطان الرئة، في حين يُعدّ التعرّض للمبيدات الحشرية أحد العوامل الخطيرة للإصابة ببعض أنواع السرطان، مثل سرطان الدم. ويُعدّ التعرّض للإشعاعات عاملًا خطيرًا للإصابة بالسرطان، إذ يؤدّي التعرّض المستمر للأشعة فوق البنفسجية - ومصدرها الرئيس أشعة الشمس- إلى الإصابة بسرطان الجلد، في حين تزيد الإشعاعات الناتجة عن التصوير بالأشعة السينية من خطر الإصابة بالسرطان.

الاستجابة السائلة Humoral Response

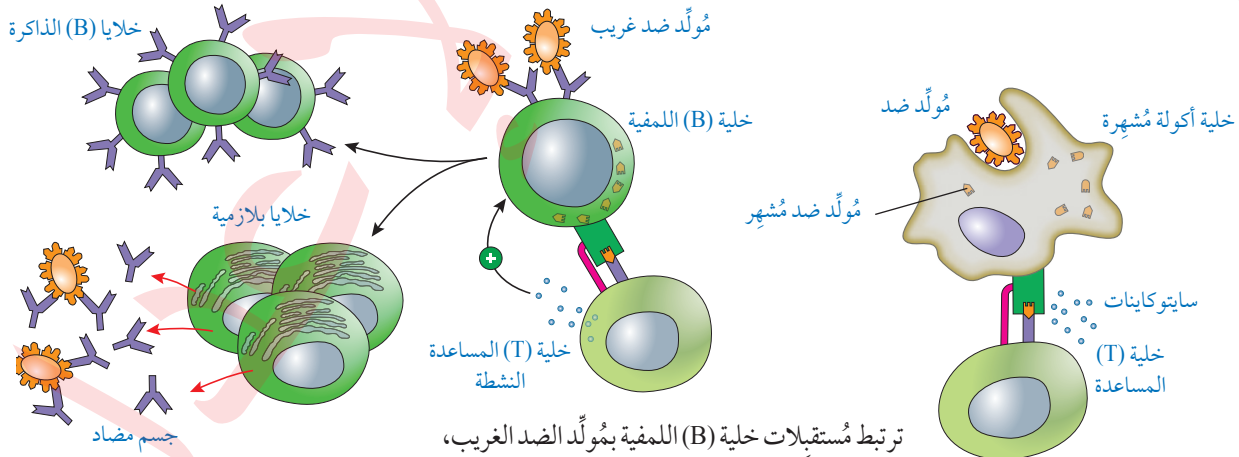
يُطلَق على الاستجابة المناعية التي تنتج من عمل الخلايا B اللمفية اسم **الاستجابة السائلة Humoral Response**. تُؤثِّر السايتوكاينات المُفرَزة من خلايا (T) المساعدة النشطة في الخلايا (B) اللمفية، وتُحفِّزها على الانقسام لتكوين أعداد كبيرة من النوع نفسه، فتتمايز إلى خلايا (B) ذاكرة، وخلايا بلازمية Plasma Cells.

تحوي الخلايا البلازمية عددًا كبيرًا من الرايبوسومات المرتبطة بالشبكة الإندوبلازمية الخشنة والميتوكندريا التي تُوفِّر الطاقة ATP لصنع البروتين، وتُنتِج هذه الخلايا أجسامًا مضادة.

الجسم المضاد Antibody هو بروتين تُنتِجه الخلايا البلازمية؛ استجابةً لوجود مُولِّد ضد مُحدَّد؛ بُغْيَةَ تثبيطه، أنظر الشكل (9) الذي يُبيِّن آلية عمل خلايا (B) اللمفية.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح التلاؤم بين تركيب الخلية البلازمية ووظيفتها.

الشكل (9): آلية عمل خلايا (B) اللمفية.



تُنَشَّط خلية (T) المساعدة بتأثير السايتوكاينات التي تُفرِزها الخلية الأكولة الكبيرة المُشهِرة.

ترتبط مُستقبِلات خلية (B) اللمفية بمُولِّد الضد الغريب، ثم تُشهر جزءًا منه على سطح غشائها البلازمي، ثم ترتبط خلية (T) المساعدة النشطة التي تحمل مُستقبِلات مُولِّد الضد المُشهَر على الغشاء البلازمي بخلية (B) اللمفية؛ ما يؤدي إلى إفراز سايتوكاينات، وتنشيطها.

تنقسم خلية (B) اللمفية النشطة، وتمايزها إلى خلايا ذاكرة، وأُخرى بلازمية تُنتِج أجسامًا مضادة مُحدَّدة لمُولِّد الضد الذي تسبَّب في إنتاجها.

لا تقتل الأجسام المضادة مُسبِّبات الأمراض، وإنَّما يحدُّ ارتباط هذه الأجسام بمُولِّدات الضد من نشاطها عن طريق تحطيمها أو تثبيطها.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح المقصود بالجسم المضاد.

أنواع الأجسام المضادة Classes of Antibodies

تُنتج الخلايا البلازمية، التي تنشأ من انقسام الخلايا اللمفية (B)، خمسة أنواع من الأجسام المضادة التي تُعرَف بالبروتينات المناعية أو الغلوبولينات المناعية وهي: IgE IgM, IgD, IgG, IgA. يحتوي كل نوع منها على مواقع خاصة للارتباط بمولّد ضدّ، بالإضافة إلى مواقع أخرى لها وظائف مختلفة. بعض أنواع هذه الأجسام المضادة تُفرَز في سوائل الجسم، في حين يرتبط بعضها الآخر على سطح الخلايا الدفاعية.

- IgM و IgD تعمل بوصفها مستقبلات على خلايا B اللمفية. يُعدّ IgM أول جسم مضاد يُنتَج في الاستجابات المناعية، وأول جسم مضاد تنتجه أجسام الأطفال حديثي الولادة، ويتميز بحجمه الكبير الذي يجعله غير قادر على الانتشار إلى جميع خلايا الجسم، ولكنه يمتاز بكفاءة عالية في ربط الجزيئات المتكتلة، مثل جزيئات الفيروسات.
- IgG يُشكّل حوالي 80% من الأجسام المضادة في الجسم، وهو الأكثر فعالية في تنشيط البروتينات المتممة وتحييد السموم، ويمكنه عبور المشيمة لتوفير المناعة للجنين بواسطة الأجسام المضادة التي اكتسبها من الأم.
- IgA هو الغلوبولين المناعي الأساسي في الإفرازات الناتجة عن الغدد، مثل الدموع واللعاب وحليب الثدي. يوجد أيضًا في الأغشية المخاطية المبطنة للجهاز التنفسي والجهاز الهضمي والجهاز التناسلي، إذ يساعد في منع ارتباط البكتيريا والفيروسات بالخلايا.
- IgE يُشارك في ردود الفعل التحسسية، مثل: الربو، وحمى القش. يرتبط بمولد ضد غريب مثل حبوب اللقاح، ما يحفّز الخلايا القاعدية والخلايا الصارية لإفراز الهيستامين الذي يسبّب أعراض التحسّس، مثل العطاس.

أنظم المعلومات التي تعلمتها عن أنواع الاستجابة المناعية المتخصصة، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

خلايا الذاكرة والمناعة الطويلة الأمد

Memory Cells and Long–Term Immunity

إذا تعرَّض الجسم لمُولِّد ضد أول مرّة، فإنَّ بعض الخلايا اللمفية تتعرَّفه، وتستجيب لدخوله، وتستغرق عملية التعرُّف عِدَّة أيام، تتكوَّن فيها خلايا ذاكرة، غير أنَّ هذه الاستجابة تكون بطيئة وضعيفة، وتُسمّى الاستجابة المناعية الأولية Primary Immune Response، وقد تظهر أعراض المرض.

وفي حال تعرَّض الجسم لمُولِّد الضد نفسه مرَّة أُخرى، تنشط خلايا الذاكرة التي تحمل المُستقبِل الخاص بهذا المُولِّد على سطوحها، وتكون سرعة إنتاج الأجسام المضادة كبيرة؛ لذا تكون الاستجابة سريعة وقوية، وتُسمّى الاستجابة المناعية الثانوية Secondary Immune Response، أنظر الشكل (10).

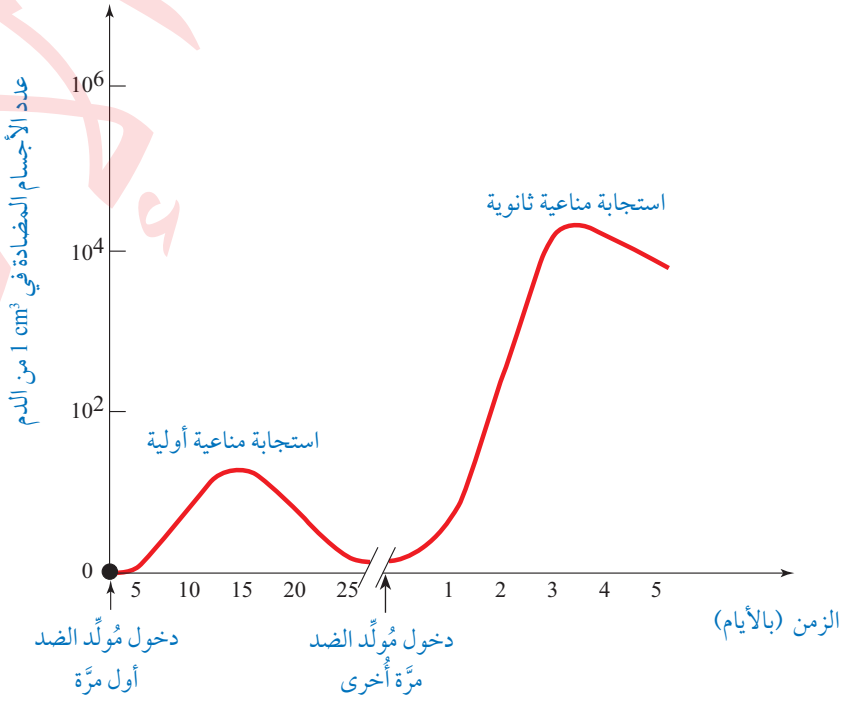
أتحقَّق:

أُقارِن بين الاستجابة المناعية الأولية والاستجابة المناعية الثانوية من حيث تركيز الأجسام المضادة.

الربطُ بالتكنولوجيا

عيار الأجسام المضادة: هو فحص يُستخدَم للكشف عن وجود الأجسام المضادة وقياس كمّيتها في دم الشخص، إذ ترتبط كمية الأجسام المضادة وتنوّعها بقوة استجابة الجهاز المناعي في الجسم. يُستخدَم هذا الفحص لتحديد ما إذا كان الشخص قد تعرّض لعدوى سابقة، أو كان بحاجة إلى تلقّي مطعوم معين. ويمكن أن تشير استجابة الجهاز المناعي القوية إلى اضطراب مناعي ذاتي.

أفكّر من غير المعتاد أنْ يصاب الإنسان بجدري الماء مرَّتين في أثناء حياته، أُفسِّر سبب ذلك.



الشكل (10): الاستجابة المناعية عند تعرُّض الجسم لمُولِّد الضد.

الربط بعلم البيئة

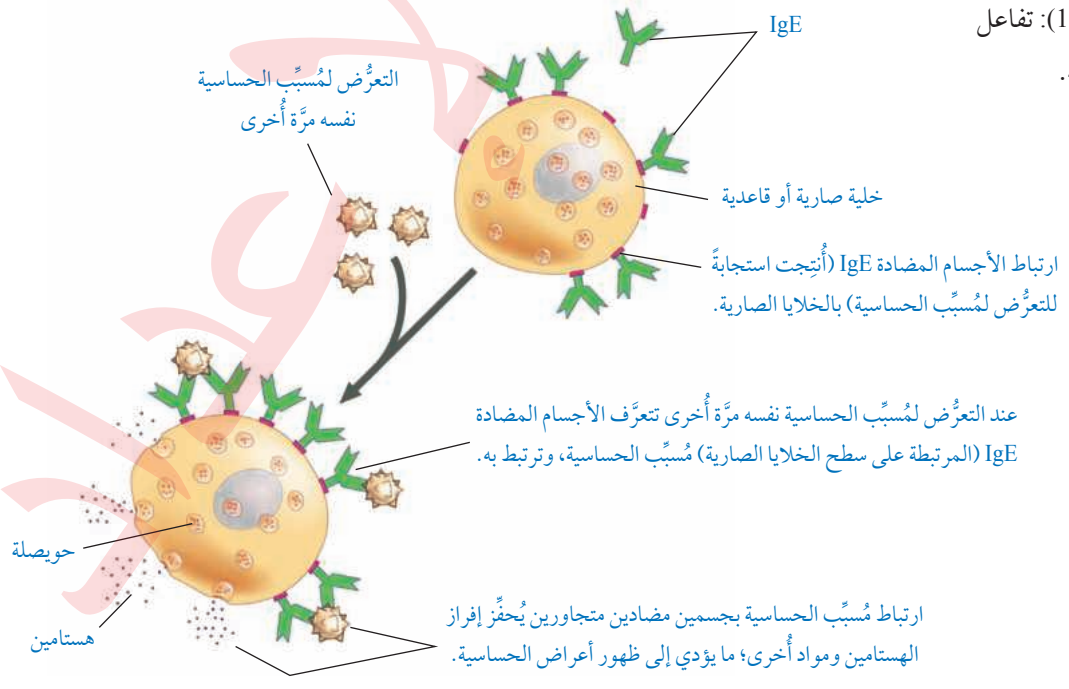
هنـاك افتراض بأن الجينـات تسهم في حدوث الحساسية بسبب وجود طفرات محـددة شـائعـة بين الأشـخاص الذين يعـانونها، وأن بعض أنـواع الحساسيـة تميل إلى الانتقال ضمن العائلات. إلى جانب العوامل الجينية، يمكن أن تسهم العوامل البيئية في زيادة خطر الإصابة بالحساسية، ومن هذه العوامل: التعرّض المتكرر للمواد المُسبّبة للحساسية مثل: غبار المنزل، وغبار الطلع، وطبيعة النظام الغذائي، وبعض المُلوِّثات مثل دخان التبغ وغازات عوادم السيارات. وللوقاية من الحساسية يُنصَح باتباع بعض العادات الوقائية، منها: تجنُّب التعرّض للغبار والدخان والبخور، وارتداء الكمامات، واستعمال بعض البخاخات التي تساعد في حماية الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي.

تفاعل الحساسية Allergic Reaction

تفاعل الحساسيـة Allergic Reaction هو استجابـة مناعيـة لمُولِّد ضد مُعيَّن لا يستدعي عادة حدوث استجابة مناعية ضده يُسمّى مُسبِّب الحساسية، مثل: حبوب اللقاح، والغبار، وأبواغ الفطريات، وبعض المواد الغذائية. وهو لا يكون مُسبِّبًا للمرض بوجه عام.

من أكثر أنواع الحساسية شيوعًا حُمّى القش Hay Fever التي للأجسام المضادة IgE دور فيها؛ إذ تنشأ عند إنتاج الخلايا البلازمية الأجسام المضادة IgE نتيجة التعرُّض لمُسبِّب الحساسية للمرة الأولى، ثم ارتباط هذه الأجسام المضادة بسطح الخلية الصارية أو القاعدية. وعند التعرُّض لمُسبِّب الحساسية مرَّة أُخرى يحدث تفاعل الحساسيـة، أنظر الشكل (11)، مُسبِّبًا ظهور أعراض على المصاب، مثل: العطاس، وسيلان الأنف والدموع، وانقباض العضلات الملساء في الرئتين الذي قد يُؤثِّر في عملية التنفُّس. ولهذا تُستخدَم بعض المواد (مضادات الهستامين) للتقليل من أعراض الحساسية بطرائق عِدَّة، منها تثبيط مُسبِّب الحساسية.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح أعراض تفاعل الحساسية.



الشكل (11): تفاعل الحساسية.

نشاط

حساسية المواد الغذائية

أشارت نتائج دراسة نُشِرت بين عامي (2018م) و(2019م) إلى أنَّ نحو 35 مليون شخص من سكان الولايات المتحدة الأمريكية يعانون حساسيةً من المواد الغذائية، وأنَّ 11% منهم تبلغ أعمارهم 18عامًا فأكثر.

تتمثَّل أعراض الحساسية من المواد الغذائية في الطفح الجلدي، وانتفاخ اللسان، وصعوبة التنفُّس، وتقلُّصات البطن، والغثيان، والإسهال، و(أو) التقيُّؤ، والطعم الغريب في الفم، وصعوبة البلع، وضيق التنفُّس، وغير ذلك. أنظر الجدول الآتي الذي يُبيِّن نتائج هذه الدراسة، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:

نوع الغذاء المُسبِّب للحساسية	السمسم	الصويا	القمح	الأسماك	البيض	الجوز	الفول السوداني	الحليب	المحار
أعداد الأشخاص الذين يعانون الحساسية (بالملايين)	0.7	1.9	2.9	2.6	2.6	3.9	6.1	6.1	8.2

1. **أُحلِّل البيانات:** أُمثِّل بيانيًّا العلاقة بين نوع المادة المُسبِّبة للحساسية وعدد الإصابات بالملايين.
2. **أحسُب:** ما عدد الأطفال دون سنِّ الثامنة عشرة المصابين بحساسية الأغذية؟
3. **أتوقَّع:** هل يوجد علاج للحساسية من المواد الغذائية؟ **أُفسِّر** إجابتي.

الربط بالطب

المطاعيم Vaccines

تقي المطاعيم الأشخاص من مُسبِّبات الأمراض على نحوٍ آمن وفاعل قبل التعرُّض لها؛ فهي تُحفِّز جهاز المناعة على تكوين أجسام مضادة لمُسبِّبات الأمراض كما هو الحال عند تعرُّض الجسم لمُسبِّبات الأمراض في الوضع الطبيعي.

ولأنَّ المطاعيم تحتوي فقط على مُسبِّبات الأمراض الميتة، أو الضعيفة، أو على سمومها؛ فإنَّها لا تُسبِّب المرض. وقد طوَّرت شركات الأدوية نوعًا جديدًا من المطاعيم يُسمّى مطاعيم mRNA التي تحمي الجسم من مُسبِّبات الأمراض المُعدِية، مثل كوفيد COVID-19.

تعمل مطاعيم mRNA على تكوين بروتين (أو جزء منه) يُسبِّب استجابة مناعية داخل جسم الإنسان. وتُعطى المطاعيم غالبًا عن طريق الحقن، في حين يُعطى بعض آخر عن طريق الفم.

أُفكِّر لماذا لا يُمكِن لبعض المطاعيم (مثل مطاعيم الإنفلونزا) توفير مناعة للجسم مدى الحياة؟

بعض مشكلات جهاز المناعة
Some of Immune System Disorders

الرفض المناعي Immune Rejection

هو رد فعل طبيعي من جهاز المناعة تجاه الأعضاء المزروعة، إذ يعدّها الجسم غريبة ويبدأ في مهاجمتها، ممّا يؤدّي إلى فشل عملية الزرع. يحدث هذا الرفض نتيجة عدم تطابق الأنسجة، أو وجود أجسام مضادة تهاجم العضو المزروع، أو بسبب التهابات، وتشمل أعراضه: ألمًا وتورّمًا واحمرارًا في مكان العضو، وارتفاعًا في درجة الحرارة، وتدهورًا في وظائف العضو المزروع، وقد تصل الحالة إلى الوفاة. ويعالَج باستخدام الأدوية المُثبِّطة للمناعة.

الصدفية Psoriasis

مرض جلدي مُزمِن يحدث نتيجة زيادة نشاط الجهاز المناعي في الجسم، حيث يهاجم جهاز المناعة خلايا الجلد السليمة، ممّا يؤدّي إلى نموّ خلايا الجلد بسرعة وتراكمها على سطح الجلد. تظهر بقع حمراء مغطاة بقشور فضية سميكة، وتسبّب حكّة وجفافًا في الجلد. لا يوجد علاج نهائي للصدفية، ولكن تُستخدَم أدوية لتخفيف الأعراض، مثل: الكريمات والمراهم، أو العلاج بالأشعة فوق البنفسجية.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أُوضِّح آلية حدوث تفاعل الحساسية.
2. أُبيِّن دور الخلايا الأكولة الكبيرة والخلايا اللمفية في كلٍّ ممّا يأتي:
   أ . الاستجابة السائلة.
   ب. الاستجابة الخلوية.
3. أُوضِّح آلية عمل خلايا (B) اللمفية في مقاومة مُسبِّبات الأمراض.
4. **أُقارِن** بين خلايا (T) اللمفية وخلايا (B) اللمفية من حيث مكان الإنتاج، والتمايز.

نسخة تجريبية

5. أَصِل العملية المناعية بتعريفها في ما يأتي:

أ	البلعمة	ظهور مُولِّد الضد على سطح غشاء الخلايا الأكولة الكبيرة؛ ما يسمح للخلايا اللمفية (T) بتعرُّفه بسهولة أكثر.
ب	الاستجابة السائلة	تنشيط جهاز المناعة عند تعرُّض الجسم لمُولِّد الضد أول مرَّة.
جـ	الاستجابة المناعية الأولية	ابتلاع الخلية الأكولة الكبيرة الأجسام الغريبة أو الخلايا الكاملة؛ دفاعًا عن جسم الإنسان.
د	الاستجابة المناعية الثانوية	استجابة مناعية تُحدِثها الأجسام المضادة.
هـ	إشهار مُولِّد الضد	تنشيط جهاز المناعة عند تعرُّض الجسم لمُولِّد الضد مرَّة أُخرى.

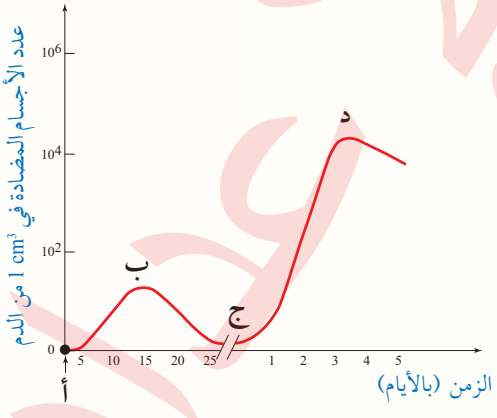
6. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:**

1. تنضج خلايا T وتتمايز في:
   أ . العقد اللمفية. ب. الطحال.
   جـ. الغدة الزعترية. د . نخاع العظم.

2. أي من الآتية **لا يُعدّ** من وسائل الاستجابة المناعية غير المُتخصِّصة؟
   أ. الجلد. ب. البرفورين.
   جـ. الخلايا القاتلة الطبيعية. د. إنزيم اللايسوزيم.

3. الأجسام المضادة التي لها دور في حساسية حُمّى القش، هي:
   أ . IgM ب. IgD
   جـ. IgA د . IgE

* يمثّل الشكل الآتي الاستجابة المناعية عند تعرُّض الجسم لمُولِّد الضد. أدرسه للإجابة عمّا يأتي:



4. الرمز الذي يمثّل الاستجابة المناعية حين تكون الاستجابة سريعة وقوية، هو:
   أ. (أ) ب. (ب)
   جـ. (ج) د . (د)

5. الرمز الذي يمثّل تعرّض الجسم لمُولِّد ضد أول مرّة، هو:
   أ . (أ) ب. (ب)
   جـ. (ج) د . (د)

الدرس 2

المضادات الحيوية
Antibiotics

الفكرة الرئيسة:

تساعد المضادات الحيوية على علاج العديد من الأمراض، أو الوقاية منها. وهي تختلف في ما بينها من حيث آلية العمل المتبعة في القضاء على مُسبِّبات الأمراض.

نتاجات التعلُّم:

- أُبيِّن دور أشكال الدواء المختلفة في علاج المشكلات الصحية.
- أُوضِّح آثار الدواء الجانبية وآثاره السُّمِّيَّة في الجسم.
- أُفسِّر آلية عمل العقاقير المختلفة في الجسم.
- أُوضِّح محاذير استعمال الدواء من حيث انتهاء صلاحيته، وسوء استخدامه، وإدمانه.
- أستقصي أهمية الفحوص الدورية في الحفاظ على الصحة.

المفاهيم والمصطلحات:

المضادات الحيوية	Antibiotics
قاتل البكتيريا	Bactericidal
مُثبِّط البكتيريا	Bacteriostatic

المضادات الحيوية Antibiotics

إذا تعرَّض الجسم لمُسبِّبات الأمراض فقد يتغلَّب على بعضها بصورة طبيعية، وقد يحتاج أحيانًا إلى استعمال مواد تُسمّى **المضادات الحيوية Antibiotics** لتعزيز جهاز المناعة. تُنتِج هذه المواد بعض أنواع الكائنات الحية التي يُمكِنها قتل (أو منع نمو) كائنات حية دقيقة أُخرى، أنظر الشكل (12).

تتنافس البكتيريا والفطريات التي تعيش في التربة على العناصر الغذائية، فتُنتِج بعض الفطريات مضادات حيوية تقتل (أو تمنع نمو) البكتيريا للتقليل من المنافسة، مثل البنسلين الذي استُخدِم أول مرَّة مطلع القرن العشرين الميلادي. ومنذ ذلك الوقت، اكتشف الإنسان العديد من المضادات الحيوية، وتمكَّن من تصنيع بعضها.

تعمل المضادات الحيوية عن طريق تثبيط العمليات الحيوية في البكتيريا، وتُستخدَم بوصفها أدوية لأنَّها تُؤثِّر في عمليات حيوية تنفرد بها الكائنات بدائية النوى.

الشكل (12): مضادات حيوية.

الجدول (1): أمثلة على بعض المضادات الحيوية، وآلية عمل كلٍّ منها.

مثال	الوصف	آلية العمل
البنسلين Penicillin	قاتل البكتيريا	تثبيط بناء الجدار الخلوي للبكتيريا
الكولستين Colistin	قاتل البكتيريا	تحطيم الغشاء البلازمي للبكتيريا
الستربتومايسين Streptomycin	مُثبِّط البكتيريا	تثبيط تصنيع البروتين في البكتيريا
التتراسيكلين Tetracycline	مُثبِّط البكتيريا	تثبيط تصنيع البروتين في البكتيريا

يُطلَق على المضادات الحيوية التي تقتل البكتيريا اسم **قاتلة البكتيريا Bactericidal**، ويُطلَق على تلك التي تُثبِّط نمو البكتيريا اسم **مُثبِّطات البكتيريا Bacteriostatic**، أنظر الجدول (1).

البنسلين Penicillin

في عام 1928م، اكتُشِف أول مضاد حيوي يُسمّى البنسلين على يد العالِم ألكسندر فليمنغ أستاذ علم الجراثيم في أحد مستشفيات لندن. ففي أثناء دراسته بكتيريا تُسمّى المُكوِّرات العنقودية ***Staphylococcus***، لاحَظ مصادفةً أنَّ أحد أطباق زراعة البكتيريا مُلوَّثة بفطر البنسيليوم ***Penicillium notatum***، وأنَّ المنطقة التي تحيط بالفطر خلت من وجود أيِّ نمو للبكتيريا. وقد أُطلِق على المادة المكتشفة اسم البنسلين، وتَبيَّن أنَّه يُمكِن استخدامها في قتل مجموعة كبيرة من أنواع البكتيريا، أنظر الشكل (13).

كان اكتشاف البنسلين واستخدامه سريريًّا تطوُّرًا مهمًّا في مجال التكنولوجيا الطبية؛ إذ أسهم في شفاء أشخاص مصابين بأمراض مختلفة، مثل: الالتهاب الرئوي، والسيلان، والسل. وقد عُرِف منتصف القرن العشرين الميلادي باسم عصر المضادات الحيوية؛ لأنَّ هذه الأمراض وغيرها أصبحت أكثر قابلية للعلاج والشفاء.

توصَف بعض المضادات الحيوية بأنَّها واسعة الطيف Broad Spectrum؛ لأنَّها فاعلة في القضاء على مجموعة واسعة من أنواع البكتيريا المختلفة، في حين توصَف أُخرى بأنَّها ضيِّقة الطيف Narrow Spectrum؛ لفاعليتها في القضاء على أنواع مُعيَّنة من البكتيريا.

أفكّر لا يُمكِن للمضادات الحيوية أنْ تُعالِج بفاعليةٍ الأعراضَ التي تُسبِّبها الفيروسات. أُبيِّن سبب ذلك.

الشكل (13): فطر *Penicillium notatum* الذي ينمو على الآجار.

الربطُ بالطب

تكمن أهمّية إجراء الفحوص الدورية في الكشف المبكّر عن احتماليّة الإصابة بأمراض مُعيَّنة، مما يساعد على التنبّه إلى أيّ مشكلات صحية يمكن تفاديها مُسبقًا، أو إمكانيّة معالجتها في المراحل الأولى من المرض، ومن ثم الحفاظ على صحة الجسم وسلامته، ويتطلب ذلك إجراء الفحوص والتحاليل الشاملة بشكل دوري.

أشكال الدواء Drug Forms

الدواء هو المادة (أو المواد) التي تُستخدَم في علاج مرض معيّن أو التخفيف من أعراضه، وقد يكون مصدره كيميائيًّا أو نباتيًّا. وللدواء أشكال مختلفة حسب طريقة تناوله، منها:

الفموية (Oral): هي الأدوية التي يتم تناولها عن طريق الفم، مثل: الأقراص، والكبسولات، والسوائل.

القطرات (Drops): مثل قطرات العين أو الأذن.

أدوية الاستنشاق (الرذاذ) (Inhalation): تُستنشَق مباشرة للرئة.

الحُقن (Injection): هي الأدوية التي تُعطى للمريض باستخدام الحقن، وتُعدّ ذات مفعول سريع مقارنة بالأدوية التي تُعطى عن طريق الفم.

بالإضافة إلى دور الأدوية في العلاج، فإن لكثيرٍ منها بعض الأضرار التي قد تسبّب حدوث بعض العلل والمشكلات الصحية. تُعرَف هذه المشكلات بـ «الأعراض الجانبية للأدوية»، وتشمل: اضطرابات الجهاز الهضمي مثل نقص الشهية، والغثيان والإمساك والإسهال؛ وذلك لأن معظم الأدوية تُستخدَم عن طريق الفم، وتمرّ عبر القناة الهضمية. لكن قد تظهر الأعراض الجانبية في أي عضو من أعضاء الجسم، مثل: مشكلات في الدماغ، أو احمرار الجلد، أو نزيف، أو صعوبة في التنفس، أو دوخة وفقدان السيطرة.

علاوة على ذلك، هناك ردود فعل سامّة وخطيرة قد تحدث نتيجة لجرعة زائدة من الأدوية، وهي ما تُسمّى سُمِّيّة الجرعة الزائدة، وقد تكون هذه الحالة مُميتة بعض الأحيان عند تناول جرعة زائدة من الدواء من دون قصد.

الربط بالإنتاج الحيواني

تُستخدَم المضادات الحيوية على نطاق واسع في تربية الماشية في العديد من البلدان؛ إذ تُعطى الحيوانات طعامًا يحوي مضادات حيوية للوقاية من المرض. في عام 2013م، استُخدِم ما مجموعه 131000 طن من المضادات الحيوية، وهو ما يُعادِل نحو 40% من المضادات الحيوية التي تُنتَج عالميًّا لهذا الغرض.

غير أنَّ البكتيريا التي تتعرَّض لهذا النوع من المضادات الحيوية أصبحت مقاومة لها؛ لذا يجب استعمال هذه المضادات فقط لعلاج الأمراض التي تصيب الحيوانات في المَزارع، وعدم إضافتها إلى العلف الذي يُقدَّم لها يوميًّا؛ من أجل زيادة نموها، أو منع إصابتها بالعدوى.

الربطُ بالصيدلة

هناك العديد من الحالات المرتبطة بالأدوية، ومنها:

التحمُّل Drug Tolerance: هو تراجع أو نقص استجابة المريض للدواء عند تكرار استعماله، إذ يتكيَّف الجسم مع وجوده.

المقاومة Drug Resistance: تشير إلى قدرة الكائنات الدقيقة أو الخلايا السرطانية على مقاومة تأثير الأدوية التي عادة ما تكون فعالةً ضدَّها.

الإدمان Addiction: يتمثّل في الاستعمال المُفرِط للدواء، بحيث يُساءُ استخدام بعض الأدوية.

الاعتماد Dependence: يحدث عندما يعتمد الجسم على الدواء ليعمل بشكل طبيعي، وغالبًا ما يترافق مع أعراض الانسحاب عند التوقّف عن تناوله.

الربط بالصحة

اكتشف العلماء مادة كيميائية ***Allium sativum L*** في الثوم المطحون حديثًا تُسمّى الأليسين Allicin، الذي يُعَدُّ مضادًّا واسع الطيف في القضاء على الميكروبات، مثل: البكتيريا السالبة غرام، والبكتيريا الموجبة غرام، والفطريات، وبعض أنواع الطلائعيات، مثل إنتاميبا هستوليتكا ***Entamoeba histolytica***، إضافةً إلى نشاطه المضاد للفيروسات؛ إذ يعمل الأليسين على التفاعل مع مجموعة واسعة من إنزيمات الميكروبات، فيُؤثِّر في نشاطها.

أفكّر لماذا لا يكون البنسلين فاعلًا في القضاء على بكتيريا الميكوبلازما *Mycoplasma* التي لا تمتلك جدارًا خلويًّا؟

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح المقصود بالمضاد الحيوي.

نشاط

نمذجة معدَّل ذوبان الدواء في المعدة

المواد والأدوات: ثلاث كؤوس زجاجية صغيرة، ساعة توقيت، كوبا خَلٍّ، ثلاثة أنواع من حبوب الدواء: طباشيرية، وكبسولة هلامية، وقرص هلامي.

إرشادات السلامة: تجنُّب استنشاق الخَلِّ.

خطوات العمل:

1. **أُجرِّب:** أملأ كل كأس بربع كوب من الخَلِّ تقريبًا (أو حتى تمتلئ الكؤوس إلى نصفها).
2. أضع حبَّة دواء واحدة في كل كأس، **وأُلاحِظ** وقت البدء باستخدام ساعة التوقيت.
3. **أُلاحِظ** التغيُّر في لون الخَلِّ، وأيَّ تغيُّرات في حبوب الدواء بعد دقائق معدودة.

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتج:** لماذا استعملْتُ الخَلَّ لإذابة حبوب الدواء؟
2. ما شكل الدواء الذي يكون تأثيره سريعًا في المعدة؟ **أُفسِّر** إجابتي.
3. **أُناقِش:** ماذا أفعل لجعل تأثير الدواء أسرع؟
4. **أتوقَّع:** ما الوقت الذي يستغرقه ذوبان الدواء في المعدة؟
5. **أتواصل:** أناقش زملائي/ زميلاتي في النتائج التي توصَّلت إليها.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أُوضِّح المقصود بكلٍّ من: المضادات الحيوية، وقاتل البكتيريا، ومُثبِّط البكتيريا.

2. **أُفسِّر:** لماذا يستطيع البنسلين قتل البكتيريا من دون التأثير في خلايا جسم الإنسان؟

3. **أُصنِّف** المضادات الحيوية الآتية إلى مضادات حيوية قاتلة للبكتيريا، وأُخرى مُثبِّطة لها:
البنسلين Penicillin، الكولستين Colistin، الستربتومايسين Streptomycin، التتراسيكلين Tetracycline.

4. أُبيِّن كيف اكتُشِف البنسلين.

5. **لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:**

1. آلية عمل المضاد الحيوي (الستربتومايسين) في الخلية البكتيرية، هي:
   أ . تثبيط بناء الجدار الخلوي للخلية.
   ب. تحطيم الغشاء البلازمي للخلية.
   جـ. لا يؤثر في الخلية.
   د . تثبيط تصنيع البروتين في الخلية.

2. تُستخدَم المضادات الحيوية واسعة الطيف؛ لأنها فاعلة في:
   أ . القضاء على مجموعة كبيرة من أنواع الفيروسات المختلفة.
   ب. القضاء على أنواع مُعيَّنة من البكتيريا.
   جـ. القضاء على مجموعة واسعة من أنواع البكتيريا المختلفة.
   د. القضاء على أنواع مُعيَّنة من الفيروسات.

3. من المضادات الحيوية التي تُستخدَم للقضاء على الإنتاميبا هستوليتكا:
   أ . البنسلين.
   ب. الأليسين.
   جـ. الستربتومايسين.
   د . الكولستين.

4. الكائنات الحية التي تنتج البنسلين، هي:
   أ . الفطريات.
   ب. البكتيريا.
   جـ. النباتات.
   د . الطلائعيات.

5. يُطلَق على تراجع أو نقص استجابة المريض للدواء:
   أ . إدمان الدواء.
   ب. مقاومة الدواء.
   جـ. الاستجابة للدواء.
   د . التحمّل.

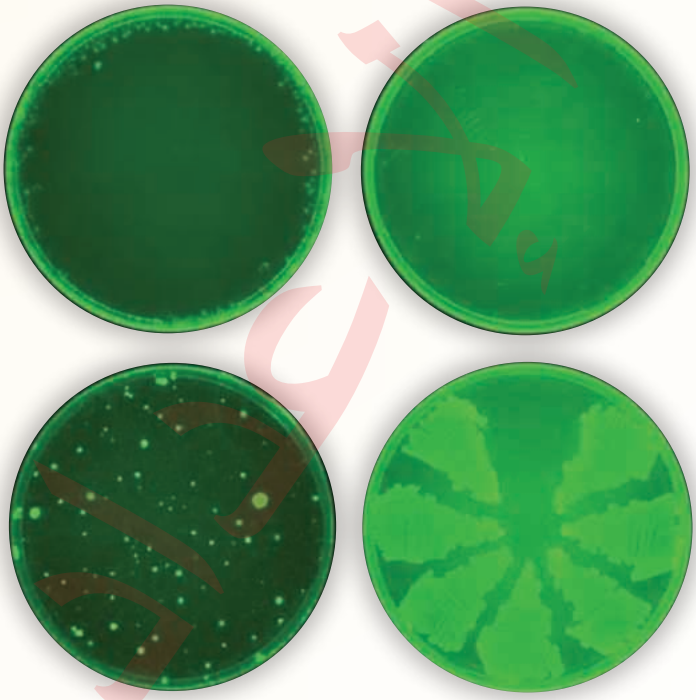
إنتاج الذكاء الاصطناعي مضادات حيوية جديدة

Artificial Intelligence Yields New Antibiotic

استعمل العلماء نموذجًا يُسمّى التعلُّم العميق لإنتاج دواء جديد فاعل يقتل العديد من أنواع البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية؛ إذ حدَّد فريق بحثيّ في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا تركيب مضاد حيوي جديد فاعل باستخدام خوارزمية التعلُّم الآلي. وعند تجريبه تمكَّن من القضاء على بعض السلالات المقاومة للمضادات الحيوية المعروفة، وقد جُرِّب أيضًا على نموذجين من الفئران، وتمكَّن من شفائها جميعًا.

صُمِّم نموذج المضاد الحيوي الجديد عن طريق الحاسوب، وذلك بفحص أكثر من مئة مليون مُركَّب كيميائي في غضون أيام؛ لاختيار المضادات الحيوية المحتملة التي تقتل البكتيريا باستخدام آليات تختلف عن تلك الموجودة في الأدوية العادية.

حدَّد الفريق البحثيّ في دراسته الجديدة العديد من المضادات الحيوية المقترحة الواعدة التي خطّط لاختبارها بصورة مُكثَّفة. وقد رأى الفريق إمكانية استخدام هذا النموذج أيضًا في صنع أدوية جديدة، بناءً على المعرفة السابقة بالتركيب الكيميائي للأدوية التي يُمكِنها قتل البكتيريا.



استخدم الفريق البحثيّ خوارزمية التعلُّم الآلي في إنتاج دواء يُسمّى الهاليسين Halicin، ويُمكِنه قتل العديد من سلالات البكتيريا.

يُثبِّط الهاليسين (الصف العلوي) تطوُّر بكتيريا *E. coli*؛ لكيلا تصبح مقاومة للمضادات الحيوية، في حين لا يُثبِّط المضاد الحيوي السيبروفلوكساسين Ciprofloxacin البكتيريا نفسها (الصف السفلي).

السؤال الأول:

لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:

1. إحدى الآتية تُعَدُّ من آلية عمل البنسلين:
   أ . مُثبِّط لصنع بروتينات الخلية.
   ب. مُثبِّط لصنع جدار الخلية.
   جـ. مُثبِّط لعملية نسخ المادة الوراثية.
   د . مُثبِّط لوظيفة غشاء سطح الخلية البكتيرية.

2. تتضمَّن البلعمة ابتلاع الخلايا الأكولة أو الخلايا المتعادلة جزيئًا كبيرًا أو كائنًا حيًّا دقيقًا.
   (1) عملية تتطلَّب طاقة في صورة ATP.
   (2) شكل من أشكال الإدخال الخلوي.
   (3) المواد التي تدخل الخلية بهذه الآلية تُحاط بفجوة عصارية صغيرة.
   العبارة الصحيحة بخصوص آلية البلعمة هي:
   أ . (1)، و(2)، و(3).
   ب. (1)، و(2) فقط.
   جـ. (1)، و(3) فقط.
   د . (2)، و(3) فقط.

3. واحدة من الآتية **ليست** من أعضاء جهاز المناعة اللمفية:
   أ . نخاع العظم. ب. الغدة الزعترية.
   جـ. الطحال. د. الكبد.

4. من الأجسام التي لا يهاجمها جهاز المناعة في الحالات الطبيعية:
   أ . الأجسام المضادة.
   ب. مُولِّدات الضد الذاتية.
   جـ. مُولِّدات الضد غير الذاتية.
   د . المُثبِّطات.

5. نوع من الخلايا الدفاعية تُميّز الخلايا المصابة بالفيروسات والخلايا السرطانية:
   أ . الخلايا القاتلة الطبيعية.
   ب. الخلايا (T).
   جـ. الخلايا المساعدة.
   د . الخلايا (B).

6. نوع الخلايا التي تنشط إذا تعرّض الجسم لمُولِّد الضد نفسه مرة أخرى، هو:
   أ . الخلايا المساعدة.
   ب. الخلايا القاتلة.
   جـ. خلايا الذاكرة.
   د . الخلايا الصارية.

7. من أعراض الإصابة بتفاعل الحساسية مرة أخرى على الشخص المصاب:
   أ . المغص.
   ب. النزيف الحادّ.
   جـ. انقباض العضلات الملساء في الرئتين.
   د . ظهور الحبوب على الوجه.

8. العطاس وسيلان الأنف وحكّة العين المرتبطة بالحساسية تحدث عندما:
   أ . تعمل العضلات الملساء على تقليل حجم الممرات الهوائية في الرئتين.
   ب. يهاجم الجهاز المناعي مسبّب الحساسية مرة أخرى.
   جـ. تُستخدَم مواد مضادة للهيستامين.
   د . تنتج الخلايا المصابة الإنترفيرون.

9. أي مما يأتي يُعدّ مثالًا على المناعة النشطة؟
أ . امرأة حامل تنقل الأجسام المضادة إلى الجنين عبر المشيمة.
ب. امرأة حامل تعطي أجسامًا مضادة لرضيعها من خلال حليب الثدي.
جـ. شخص يطوّر أجسامًا مضادة للقاح الحصبة في جسمه.
د . الشخص الذي يتلقّى حقن الأجسام المضادة بعد أن عضّه حيوان مصاب بداء الكلب.

10. من الأمثلة على المطاعيم التي تحمي الجسم من مرض كوفيد –19:
أ . مطعوم فيروسي. ب. مطعوم mRNA .
جـ. مطعوم بكتيري. د. مطعوم DNA.

11. المضادات الحيوية فعالة في علاج:
أ . نزلات البرد الشائعة، ولكن ليس الثآليل التناسلية.
ب. عدوى الدودة الشريطية، ولكن ليس التسمم الغذائي.
جـ. التهاب الحلق، ولكن ليس الإنفلونزا.
د . قدم الرياضي، ولكن ليس عدوى الأذن.

12. الآليـة التـي يتّبعها الـدواء الجـديد (المُنتج بالذكاء الاصطناعي) في قتل البكتيريا:
أ . يعمل بالطريقة نفسها التي تعمل بها المضادات الحيوية التقليدية.
ب. يستهدف الحمض النووي للبكتيريا.
جـ. يستخدم آليات مختلفة عن تلك الموجودة في الأدوية العادية.
د . يمنع البكتيريا من إنتاج البروتينات.

13. تُعرّف المضادات الحيوية بأنها:
أ . مواد طبيعية فقط تنتجها الكائنات الحية الدقيقة.
ب. مواد كيميائية فقط تُصنَّع في المختبرات.
جـ. مواد تُستخدَم لتعزيز جهاز المناعة، وقد تنتجها الكائنات الحية أو يتم تصنيعها.
د . مواد تُستخدَم فقط لعلاج الأمراض الفيروسية.

14. التقنية التي استخدمها العلماء لإنتاج دواء جديد فعال ضد البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية:
أ . هندسة الجينات
ب. التعلم العميق
جـ. العلاج الجيني
د . الجراحة

15. أي من الآتي **لا يُعدّ** جزءًا من خط الدفاع الأول في الجسم؟
أ . المخاط.
ب. اللعاب.
جـ. الخلايا الدفاعية.
د . الدموع.

16. الإنزيم الذي يعمل على تحلّل مسبّبات الأمراض في خط الدفاع الأول، هو:
أ. الإنترفيرون.
ب. اللايسوزيم.
جـ. البروتينات المتممة.
د . الببسين.

17. من الأمثلة على الخلايا البلعمية:
أ . الخلايا الليمفاوية.
ب. الخلايا المتعادلة.
جـ. الخلايا البلازمية.
د . الخلايا الحمراء.

18. من الآثار الجانبية المحتملة للإنترفيرونات:
أ . ارتفاع ضغط الدم.
ب. الحمى والتعب.
جـ. زيادة إنتاج خلايا الدم.
د . لا يوجد آثار جانبية.

19. خضعت لمى لعملية زرع كلية وبدأت تعاني من ألمًا وتورُّمًا، واحمرارًا في مكان الكلية المزروعة، بالإضافة إلى ارتفاع في درجة الحرارة. إن المشكلة الصحية التي يرجح أن تكون مصابة بها هي:

أ . الصدفية.

ب. الإكزيما.

جـ. الرفض المناعي.

د . سرطان الجلد.

السؤال الثاني:

أُفسِّر كلًّا ممّا يأتي:

أ . وَصْف منتصف القرن العشرين الميلادي بأنَّه عصر المضادات الحيوية.

ب. احتواء الخلايا البلازمية على عدد كبير من الميتوكندريا والشبكة الإندوبلازمية الخشنة.

السؤال الثالث:

يُعالَج سرطان نخاع العظم (اللوكيميا) بالمواد الكيميائية والإشعاعات التي تُتلِف خلايا نخاع العظم وتُدمِّرها. أُوضِّح سبب تعرُّض الشخص المريض الذي يعُالَج من سرطان الدم لخطر الإصابة بالأمراض المُعدِية.

السؤال الرابع:

أوضح دور مادة البرفورين التي تفرزها خلايا (T) القاتلة في تحليل الخلايا المصابة بالفيروسات.

السؤال الخامس:

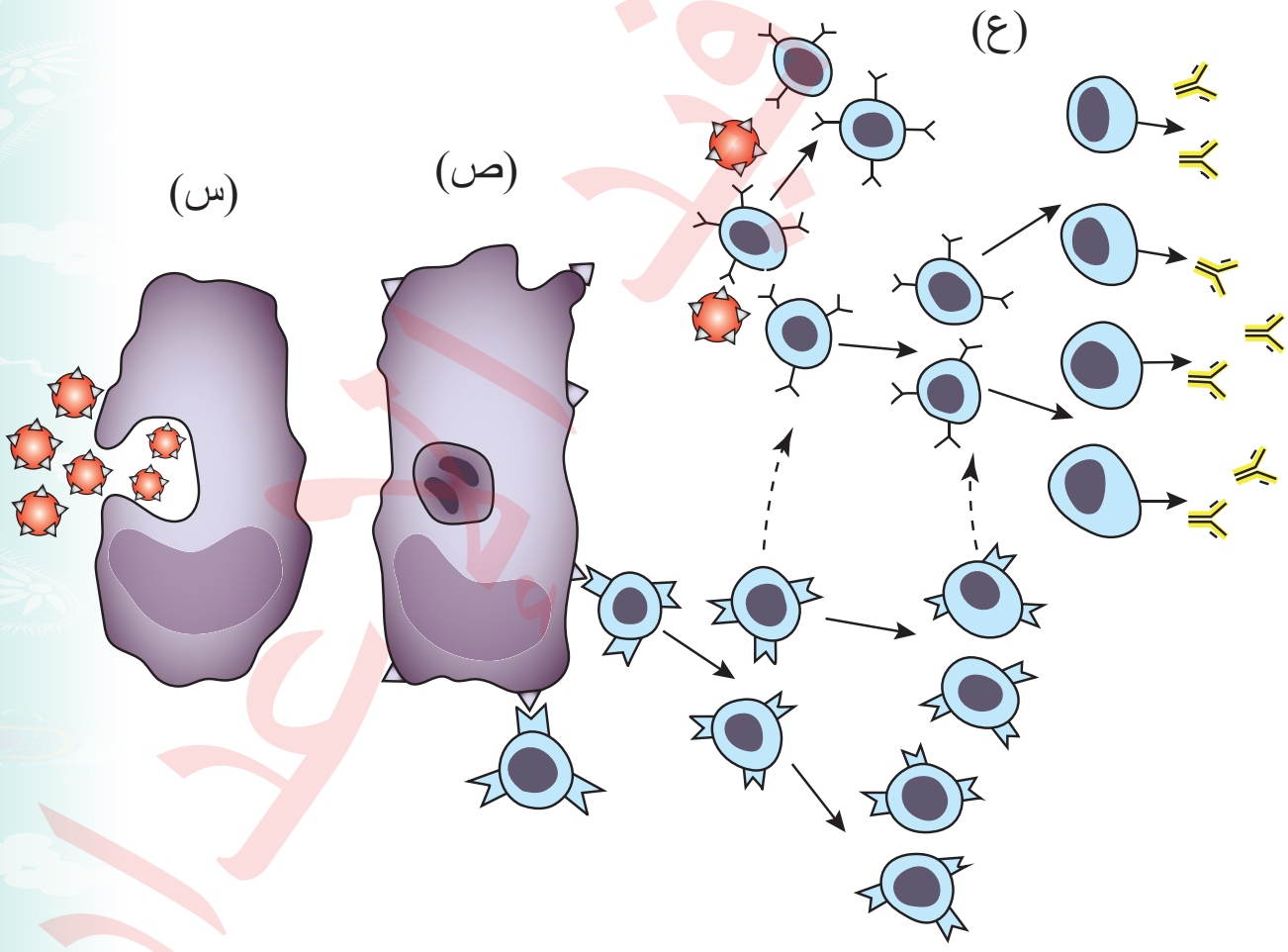
يُبيِّن الشكل اللاحق كيفية استجابة جهاز المناعة لبكتيريا عند غزوها الجسم:

أ . أُحدِّد العملية المُسمّاة (س) .

ب. تُعرَف الخلية المُسمّاة (ص) بالخلية المُشهِرة لمُولِّد الضد. أُفسِّر أهمية إشهار مُولِّد الضد في الاستجابة المناعية.

جـ. أُوضِّح كيف أنَّ إفراز خلايا (T) المساعدة للسايتوكاينات مهم لفاعلية الاستجابة المناعية.

د . أُحدِّد الخلايا المُسمّاة (ع).



التروبوميوسين Tropomyosin: هو بروتين ليفي رقيق، يغطي مواقع ربط رؤوس الميوسين على خيوط الأكتين أثناء انبساط العضلة.

التروبونين Troponin: هو بروتين صغير يرتبط بأيونات الكالسيوم Ca^{2+} المُخزَّنة في الشبكة الإندوبلازمية في الألياف العضلية.

الاتزان الداخلي Homeostasis: بقاء عوامل بيئة الجسم الداخلية ثابتة نسبيًّا، مثل: درجة الحرارة، وكمية الماء والمواد الأُخرى، ودرجة حموضة الدم، وتركيز الغلوكوز في الدم.

الإخراج الخلوي Exocytosis: إخراج المواد (أو إفرازها) من داخل الخلية إلى خارجها، بدمج حويصلة المادة في غشاء الخلية البلازمي، ثم طرح المادة خارج الخلية.

الإدخال الخلوي Endocytosis: دخول جزيئات كبيرة الحجم داخل الخلية في عملية البلعمة؛ إذ تنغمد هذه الجزيئات في غشاء الخلية البلازمي بعد انثنائه إلى الداخل، وتكوُّن الحويصلات.

الاستجابة الخلوية Cellular Immunity: استجابة مناعية تنتج من عمل خلايا (T) اللمفية.

الاستجابة السائلة Humoral Response: استجابة مناعية تنتج من عمل خلايا (B) اللمفية.

الاستجابة المناعية Immune Response: تعرُّف الجسم مُسبِّبات الأمراض والمواد الغريبة، ومقاومته إيّاها.

العظم الكثيف Compact bone: نوع من النسيج العظمي الذي يتميز بالصلابة والكثافة العاليتين، ويشكّل الطبقة الخارجية للعظام.

العظم الإسفنجي Spongy bone: نوع من النسيج العظمي يوجد داخل العظام، ويتميز بوجود فراغات صغيرة تشبه الإسفنج.

استحلاب الدهون Emulsification: تفتيت الدهون إلى قطرات صغيرة بفعل العصارة الصفراوية التي تُصنَع في الكبد، وتُختزَن في الحوصلة الصفراوية.

إعادة الامتصاص Reabsorption: إعادة امتصاص المواد التي تَلزم الجسم، مثل: الحموض الأمينية، والغلوكوز، ومعظم الأيونات، والماء؛ من الراشح في تجاويف الوحدة الأنبوبية الكُلوية، ما عدا محفظة بومان والكبة.

القطعة العضلية (Sarcomere): هي الوحدة الوظيفية الأساسية في العضلات الهيكلية والعضلة القلبية، وتتكوّن من خيوط بروتينية تُسمى الأكتين والميوسين. تُثبَّت خيوط الأكتين من نهايتها بواسطة غشاء يُسمّى (Z–line)، ويطلَق على المنطقة بين خطي (Z) اسم القطعة العضلية.

السمحاق Periosteum: غشاء ليفي يغطي الطبقة الخارجية للعظام باستثناء المفاصل، ويحتوي على الأوعية الدموية والأعصاب التي تغذّي العظام.

الإفراز الأنبوبي Tubular Secretion: التخلُّص من بعض المواد الضارة أو الزائدة على حاجة الجسم، عن طريق انتقالها من الدم في الشعيرات الدموية المحيطة بالوحدة الأنبوبية الكُلوية إلى داخل الأنابيب الملتوية القريبة، والأنابيب الملتوية البعيدة، والقناة الجامعة؛ لإضافتها إلى الراشح.

الانغراس Implantation: انزراع الحوصلة البلاستولية في بطانة الرحم، بإفراز إنزيمات هاضمة تُحلِّل الجدار الداخلي لبطانة الرحم.

الأُنيبيبات المستعرضة T tubules: هي امتدادات من الغشاء البلازمي للخلية العضلية، تمتد إلى داخل الخلية لتسريع نقل جهد الفعل.

الهيكل العظمي المحوري Axial Skeleton: الجزء الرئيس للهيكل العظمي، يتكوّن من الجمجمة والعمود الفقري والقفص الصدري.

الهيكل العظمي الطرفي Appendicular Skeleton: أحد الأجزاء الرئيسة للهيكل العظمي، يتكوّن من العظام داخل الحزام الصدري والحوضي والأطراف المرتبطة بهما.

الأوكسيهيموغلوبين Oxyhemoglobin: مُركَّب ناتج من ارتباط الأكسجين بالهيموغلوبين.

البربخ Epididymis: أنبوب شديد الالتواء يلتف حول الخصية، وتنضج فيه الحيوانات المنوية، وتُخزَّن فيه.

البقعة المركزية Fovea Centralis: هي الجزء من الشبكية في العين التي تتركَّز فيها المخاريط

البقعة العمياء Blind Spot: منطقة خروج العصب البصري من العين إلى الدماغ، وهي تخلو من المُستقبِلات الضوئية.

البلازما Plasma: مُكوِّن سائل في الدم يُمثِّل نحو 55% من حجم الدم الكلي، وهو سائل أصفر فاتح اللون يتكوَّن أساسًا من الماء.

البلعمة Phagocytosis: عملية سريعة تَعْمد إليها الخلايا البلعمية (مثل الخلايا الأكولة الكبيرة) عندما تلتقي بمُسبِّبات الأمراض، أو مُولِّد ضد غريب. تحيط هذه الخلايا جميعها بمُسبِّبات الأمراض، وتنقلها إلى السيتوبلازم، وتهضمها بالإنزيمات.

تأثير بور The Bohr Shift: تأثير درجة الحموضة في قدرة الهيموغلوبين على الارتباط بالأكسجين.

الترشيح الكبيبي Glomerular Filtration: انتقال الماء والمواد الصغيرة الحجم الذائبة فيه من الدم إلى شبكة الشعيرات الدموية في الكبة.

التغذية الراجعة السلبية Negative Feedback: استجابة الجسم للمُنبِّهات التي تُغيِّر عوامل البيئة الداخلية؛ بإحداث تأثير مضاد لها، للحفاظ على بقاء هذه العوامل ثابتة نسبيًّا ضمن معدَّلاتها الطبيعية.

تفاعل الحساسية Allergic Reaction: استجابة مناعية مُبالَغ فيها لمُولِّد ضد مُعيَّن يُسمّى مُسبِّب الحساسية، مثل: حبوب اللقاح، والغبار، وأبواغ الفطريات، وبعض المواد الغذائية. وهو ليس مُسبِّب المرض.

التنظيم الأسموزي Osmoregulation: عمليات حيوية تحافظ على تركيز ثابت للسوائل والمواد الذائبة فيها ضمن مستوياتها الطبيعية داخل الجسم.

الجسم الأصفر Corpus Luteum: تركيب يتكوَّن من خلايا الحوصلة المتبقيّة في المبيض بعد حدوث الإباضة.

الجسم المضاد Antibody: بروتين تُنتِجه الخلايا البلازمية استجابةً لوجود مُولِّد ضد مُحدَّد؛ من أجل تثبيطه.

جهاز المناعة The Immune System: جهاز يتكوَّن من مجموعة من الأعضاء والأنسجة المنتشرة في مختلف أنحاء الجسم التي تُعزِّز الاستجابة المناعية (المناعة).

جُهد الراحة Resting Potential: فرق الجُهد بين داخل الخلية العصبية وخارجها في كثير من العصبونات، ويبلغ (-70 mV) تقريبًا.

جُهد الفعل Action Potential: إشارات كهربائية (سيالات عصبية) ينقلها الجهاز العصبي.

الحبل السري Umbilical Cord: تركيب يصل بين الجنين والمشيمة.

الحركة الدودية Peristalsis: موجة من الانقباضات المتتالية للعضلات الملساء في جدار القناة الهضمية تمنحها قوةً لدفع الطعام في أجزائها.

الحوصلة البلاستولية Blastocyst: كرة مُجوَّفة مملوءة بسائل، وهي تُمثِّل إحدى مراحل تطوُّر الجنين.

دورة الرحم Uterine Cycle: سلسلة من الأحداث الشهرية التي يمر بها الرحم؛ من أجل إعداده لاستقبال البويضة المُخصَّبة، وهي تُسمّى أيضًا دورة الحيض.

دورة المبيض Ovarian Cycle: مجموعة التغيُّرات الشهرية التي تحدث في المبيض لإنتاج خلية بيضية ثانوية وإطلاقها.

ردِّ الفعل المُنعكِس Reflex Action: هي استجابات الجسم التلقائية لمنبهات معينة، وتحمي ردود الفعل المنعكسة الجسم بتوفير استجابات سريعة لاإرادية لهذه المنبهات.

السائل المنوي Semen: سائل يُنتَج في الجهاز التناسلي الذكري، ويحتوي على الحيوانات المنوية، وإفرازات الغُدد التناسلية.

صانع الخطو Pacemaker: مولّد النبضات (جهد الفعل) في عضلة القلب، وهي مجموعة من خلايا عضلة القلب التي تتمتع بالنشاط الكهربائي الذاتي، وهي قادرة على الانقباض والانبساط المتكرر من دون إشارات الجهاز العصبي، ومن ثم تعمل كمنظّم لضربات القلب.

الصفائح الدموية Platelets: أجزاء من خلايا كبيرة جدًّا تنشأ من نخاع العظم، وتفتقر إلى وجود النوى.

الصمام البوابي Pyloric Valve: صمام يقع بين المعدة والأمعاء الدقيقة، ويفتح عند وصول الكيموس إلى الأمعاء الدقيقة.

الضغط الجزئي للأكسجين (PO_2) Partial Pressure of Oxygen: ضغط ناتج من غاز الأكسجين في خليط الغازات.

العاصرة الفؤادية Cardiac Sphincter Muscle: عضلة على شكل حلقة تتحكَّم في انتقال الطعام من المريء إلى المعدة، وتمنع ارتداده.

عقد رانفيير Nodes of Ranvier: الفجوات بين خلايا شوان المتجاورة في العصبون.

العصبونات الحركية Motor Neurons: خلايا عصبية تنقل جُهد الفعل من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات، أو إلى الخلايا المستجيبة الأُخرى.

العصبونات الحسِّية Sensory Neurons: خلايا عصبية تنقل جُهد الفعل من المُستقبِلات الحسِّية إلى الجهاز العصبي المركزي.

العصبونات الموصلة Interneurons: خلايا عصبية توجد داخل الجهاز العصبي المركزي، وتعمل بوصفها حلقة وصل بين الأنواع الأُخرى من العصبونات، مثل: العصبونات الحسِّية، والعصبونات الحركية.

عظام القحف Cranium: هي العظام التي تحيط بالدماغ، وتشكّل الجزء العلوي من الجمجمة.

الغُدَّة الصماء Endocrine Gland: غُدَّة تُطلِق إفرازاتها مباشرة في الدم.

الغشاء الرهلي Amnion: غشاء ينشأ حول الجنين مباشرة، ويحتوي على سائل يُسمّى السائل الرهلي (الأمنيوسي)، وهو يحمي الجنين من الصدمات.

فترة الجموح المُطلَق Absolute Refractory Period: الفترة الزمنية التي تكون فيها قنوات أيونات الصوديوم الحساسة لفرق الجهد الكهربائي غير فاعلة، وخلالها يتعذَّر البدء بجهد فعل آخر.

قاتلة البكتيريا Bactericidal: مضادات حيوية تقتل البكتيريا.

الكاربامينوهيموغلوبين Carbaminohemoglobin: مُركَّب ناتج من ارتباط ثاني أكسيد الكربون بالهيموغلوبين.

كيس الصفن Scrotum: كيس توجد فيه الخصيتان خارج تجويف البطن، ويُوفِّر درجة الحرارة المناسبة لتكوين الحيوانات المنوية.

الكيموس Chyme: سائل كثيف القوام يتشكَّل تدريجيًّا مع استمرار عملية الهضم في المعدة، ويتحرَّك في اتجاه الأمعاء الدقيقة.

مُثبِّط البكتيريا Bacteriostatic: مضادات حيوية تُثبِّط نمو البكتيريا.

المُستقبِلات الحسِّية Sensory Receptors: تراكيب مُتخصِّصة تستقبل المُنبِّهات، ثم تُحوِّلها إلى سيالات عصبية. وهي تُصنَّف بحسب نوع المُحفِّز الذي تستجيب له.

المشيمة Placenta: عضو مُتخصِّص ينشأ من خملات الكوريون، ويسمح بتغذية الجنين، وطرح الفضلات من دمه إلى دم الأُمِّ، وتبادل الغازات مع دمها.

المضادات الحيوية Antibiotics: مواد تُنتِجها الكائنات الحية، وتعمل على قتل كائنات دقيقة، أو منع نموها.

مُولِّدات الضد Antigens: جزيئات كبيرة تتكوَّن من بروتينات، أو بروتينات سكرية، أو بروتينات دهنية، وتوجد على سطوح الخلايا. وتُعَدُّ جزيئات البروتين الفردية مُولِّدات ضد، مثل السموم.

نخاع العظم الأحمر Red Bone Marrow: نوع من نخاع العظم يوجد في العظام المُسطَّحة مثل عظام الجمجمة والفقرات والحوض، ويُنتج جميع أنواع خلايا الدم.

نخاع العظم الأصفر Yellow Bone Marrow: نوع من نخاع العظم يوجد بشكل رئيس في تجاويف العظام الطويلة، ويحتوي على نسبة عالية من الخلايا الدهنية.

النفرون Nephron: وحدات أنبوبية كُلوية توجد في كل كُلية، ويبلغ عددها نحو مليون وحدة.

النقل الوثبي Saltatory Conduction: انتقال جهد الفعل من عقدة رانفيير إلى أُخرى.

نموذج الخيوط المنزلقة Sliding-filament model: هو نموذج يصف كيفية انقباض العضلات، حيث يعتمد الانقباض على حركة الخيوط الرفيعة (الأكتين) على طول الخيوط السميكة (الميوسين) وبينها، مما يؤدي فعليًا إلى قُصر القطعة العضلية في ألياف العضلات (الوحدة الأساسية لانقباض العضلات).

الهرمون Hormone: ناقل كيميائي ينتقل في الدم، ويُحدِث تأثيرات في أعضاء أُخرى من الجسم تُسمّى الأعضاء المستهدفة Target Organs.

الهيموغلوبين Hemoglobin: بروتين يتكوَّن من أربع سلاسل عديد الببتيد، تحتوي كلٌّ منها على مجموعة هيم واحدة.