المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center
for Curriculum Development

العلوم الحياتية

الصف الحادي عشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

11

العلوم الحياتية

الصف الحادي عشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

11

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

أ.د. هنا محمود حماد

عطاف جمعة المالكي

وفاء محمد لصوي

روناهي "محمد صالح" الكردي (منسقًا)

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسرُّ 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 هذا الكتـاب في مدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعها، بنـاءً على قـرار المجلس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطوير المناهج في جلسـته رقـم (2021/3)، تاريخ 2021/6/10 م، وقـرار مجلس التربية والتعليـم رقم (2021/119)، تاريـخ 2021/6/30 م، بـدءًا من العام الـدراسي 2021 / 2022 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2022.
- 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 - 264 - 0

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:
(2022/3/1383)

375,001

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

العلوم الحياتية: الصف الحادي عشر: كتاب الطالب (الفصل الأول)/ المركز الوطني لتطوير المناهج.- ط 2؛ مزيدة ومنقحة .- عمان: المركز، 2022

(142) ص.

ر.إ.: 2022/3/1383

الواصفات: / تطوير المناهج/ / المقررات الدراسية / / مستويات التعليم / / المناهج/

يتحمَّل المُؤلِّف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مُصنَّفه، ولا يُعبِّر هذا المُصنَّف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

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) 1442 هـ / 2021 م

أعيدت طباعته 2022 م – 2023 م

قائمة المحتويات

المقدمة 5

الوحدة الأولى: التنظيم والاتزان 7

الدرس 1: الجهاز العصبي: التركيب والوظيفة 10

الدرس 2: الإحساس والاستجابة في جسم الإنسان 23

الدرس 3: الغُدد الصُّمُّ والاتزان 27

مراجعة الوحدة 36

الوحدة الثانية: الهضم والنقل وتبادل الغازات 39

الدرس 1: الجهاز الهضمي: التركيب والوظيفة 42

الدرس 2: جهاز الدوران: التركيب والوظيفة 50

الدرس 3: الجهاز التنفُّسي: التركيب والوظيفة 60

مراجعة الوحدة 71

الوحدة الثالثة: الإخراج والتكاثر 75

الدرس 1: جهاز الإخراج: التركيب والوظيفة 78

الدرس 2: الأجهزة التناسلية: التركيب والوظيفة 88

مراجعة الوحدة 110

الوحدة الرابعة: المناعة والمضادات الحيوية 115

الدرس 1: جهاز المناعة 118

الدرس 2: المضادات الحيوية 130

مراجعة الوحدة 135

مسرد المصطلحات 136

قائمة المراجع 141

المواقع الإلكترونية 142

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 بالمستوى المعرفي، ومجاراة الأقران 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 وفق أفضل الطرائق المُتَّبَعة عالميًّا؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها لحاجات الطلبة والمعلِّمين والمعلمات.

جاء هذا الكتاب مُحقِّقًا لمضامين الإطار العام والإطار الخاص للعلوم، ومعاييرها، ومُؤشِّرات أدائها المُتمثِّلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الواحد والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومُعتزٍّ -في الوقت نفسه- بانتمائه الوطني. ووفقًا لذلك؛ 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، والبحث، 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، وفي قضايا البحث.

يتألَّف الفصل الدراسي الأول من الكتاب من أربع وحدات، يَتَّسِمُ محتواها بالتنوع في أساليب العرض، هي: التنظيم والاتزان، الهضم والنقل وتبادل الغازات، الإخراج والتكاثر، المناعة 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 تُعِين الطلبة على فهم ظواهر الحياة من حولنا.

روعي في تأليف الكتاب التركيز على مهارات التواصل مع الآخرين، ولا سيما احترام الرأي والرأي الآخر، وتحفيز الطلبة على البحث في مصادر المعرفة المختلفة؛ فلغة الكتاب تُشجِّع الطلبة أن يتفاعلوا مع المادة العلمية، وتحثُّهم على بذل المزيد 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؛ تيسِّر تنفيذها بسهولة، إضافةً إلى أنشطة إثرائية، وأسئلة مثيرة للتفكير.

ونحن إذ نُقدِّمُ هذه الطبعة من الكتاب، فإنّا نأمل أنْ يُسهِم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية الطلبة، وتنمية اتجاهـات حُبِّ التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمر، فضلًا عن تحسين الكتاب؛ بإضافة الجديد إلى المحتوى، وإثراء أنشطته المتنوعة، والأخذ بملاحظات المعلِّمين والمعلمات.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

الوحدة 1

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.

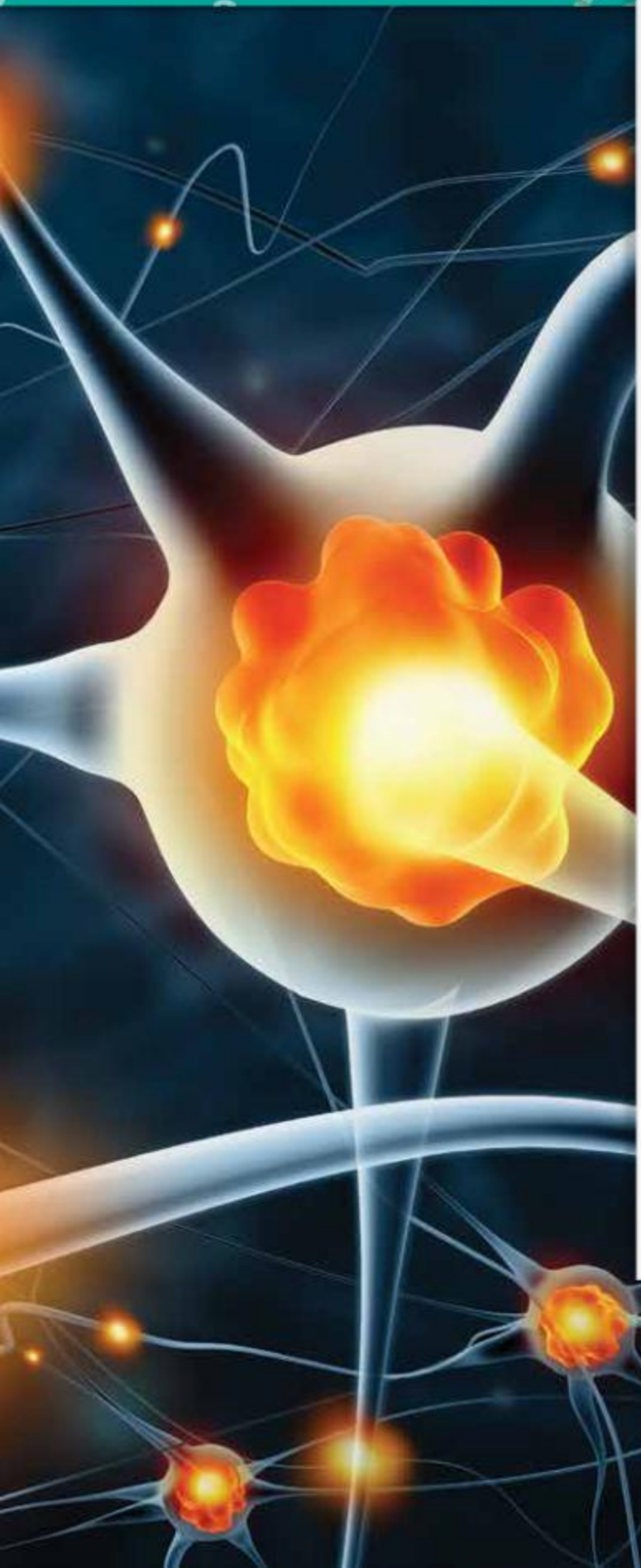
الفكرة الرئيسة: للجهاز العصبي دور رئيس في تنظيم أجهزة الجسم المختلفة، وأداء العمليات الحيوية الضرورية.

الدرس الثاني: الإحساس والاستجابة في جسم الإنسان.

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

الدرس الثالث: الغُدد الصُّمُّ والاتزان.

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



قياس وقت ردِّ الفعل

المواد والأدوات: ساعة توقيت، ورقة، قلم.

خطوات العمل:

1. أقف مع زملائي/ زميلاتي في الصف على هيئة دائرة، ثم يمسك كلٌّ منّا بيد زميله الذي بجانبه.
2. **أُجرِّب:** أُحرِّر يدي اليسرى، ثم أمسِك بها ساعة التوقيت. وحين يكون الزملاء جميعًا مستعدين لبدء التجربة، أضغط على ساعة التوقيت باليد اليسرى، تزامنًا بالضغط على يد زميلي باليد اليمنى، فيضغط كل طالب في الدائرة بيده اليمنى على يد زميله الذي بجانبه لحظة إحساسه بالضغط على يده اليسرى من زميله الذي يقف قبله، إلى أنْ تُمرَّر إشارة الضغط خلال الدائرة كاملة.
3. في أثناء تمرير الإشارة ضمن الدائرة، أضع ساعة التوقيت في يدي اليمنى، ثم أمسِك يد زميلي بيدي اليسرى. وما إنْ يضغط زميلي على يدي اليسرى حتى أُوقِف الساعة.
4. أُدوِّن بياناتي: أُعيد تكرار ما سبق حتى تصبح سرعة انتقال الإشارة أقصى ما يُمكِن، ثم أُدوِّن الوقت وعدد الطلبة الذين شكَّلوا الدائرة.
5. أُعيد الدورة ناقلًا الإشارة إلى الاتجاه المُعاكِس من الدائرة.

التحليل والاستنتاج:

1. **أحسُب** معدَّل الوقت الذي يستغرقه الطالب 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

The Nervous System: Structure and Function

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.

المفاهيم والمصطلحات:

جهد الفعل Action Potential

جهد الراحة Resting Potential

النقل الوثبي Saltatory Conduction

العصبونات الحسِّية Sensory Neurons

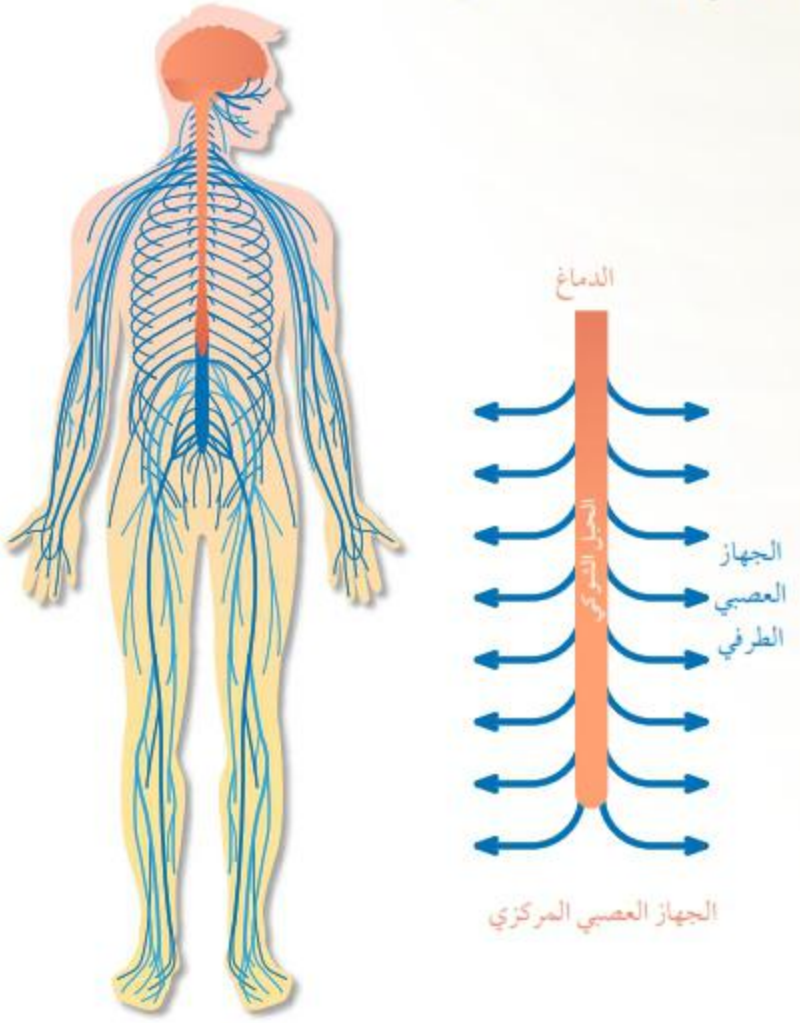
العصبونات الحركية Motor Neurons

العصبونات الموصلة Interneurons

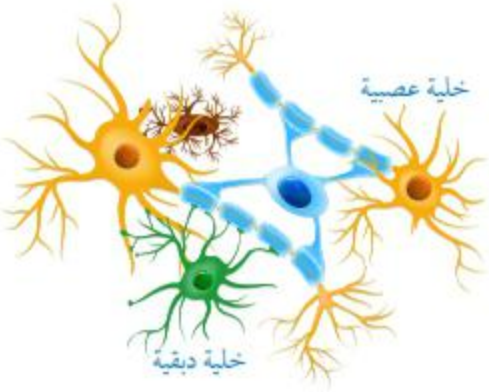
✓ **أتحقَّق:** ما مُكوِّنات كلٍّ من الجهاز العصبي المركزي، والجهاز العصبي الطرفي؟

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.



الشكل (2): الخلايا العصبية والخلايا الدبقية.

الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System

يحتوي الجهاز العصبي المركزي على مليارات الخلايا العصبية (العصبونات) وخلايا أُخرى 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.

أفكّر: فيمَ يستفاد من وجود التلافيف والانثناءات في القشرة المخية؟

الدماغ The Brain

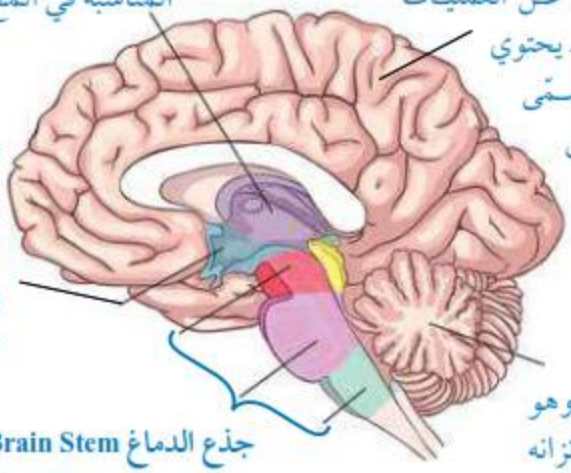
يُحلِّل الدماغ كَمًّا كبيرًا من المعلومات التي تصله بصورة مستمرة، ويُصدِر الأوامر والتعليمات لأجزاء الجسم كلها؛ لذا فهو يُعَدُّ المركز الرئيس للتحكُّم في الجهاز العصبي المركزي. أنظر الشكل (3) الذي يُبيِّن أجزاء الدماغ الرئيسة، ووظيفة كل جزء منها.

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 الصُّمّ.

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، والتنفس، والبلع. يحافظ جذع الدماغ على نشاط العمليات الحيوية حتى في حالة اللاوعي، مثل: النوم.

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

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

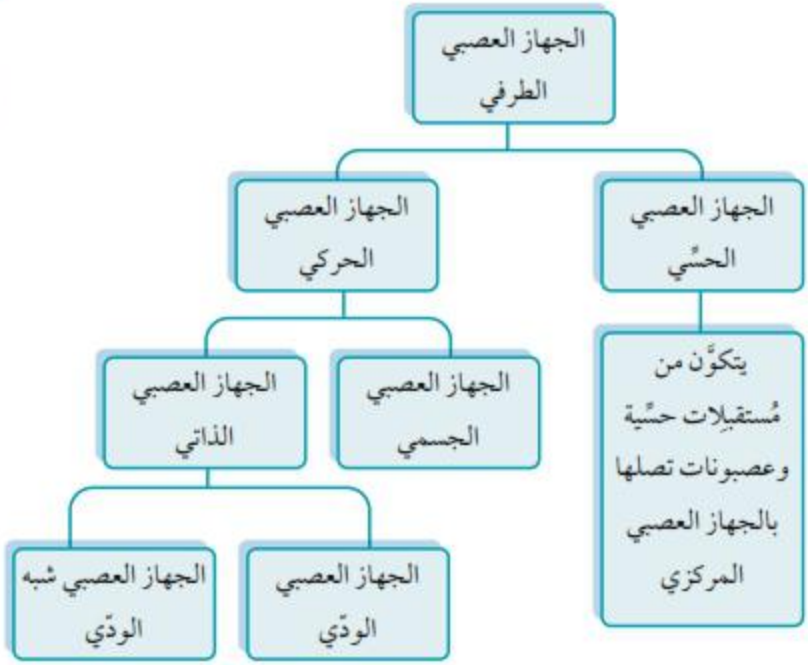
الحبل الشوكي Spinal Cord

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.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن نظرية التفكير بأحد جزأي الدماغ، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

الجهاز العصبي الطرفي Peripheral Nervous System

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 تعمل الأعصاب الشوكية على تحفيز بقية مناطق الجسم، أنظر الشكل (4) الذي يُبيِّن أجزاء الجهاز العصبي الطرفي.



الشكل (4): أجزاء الجهاز العصبي الطرفي.

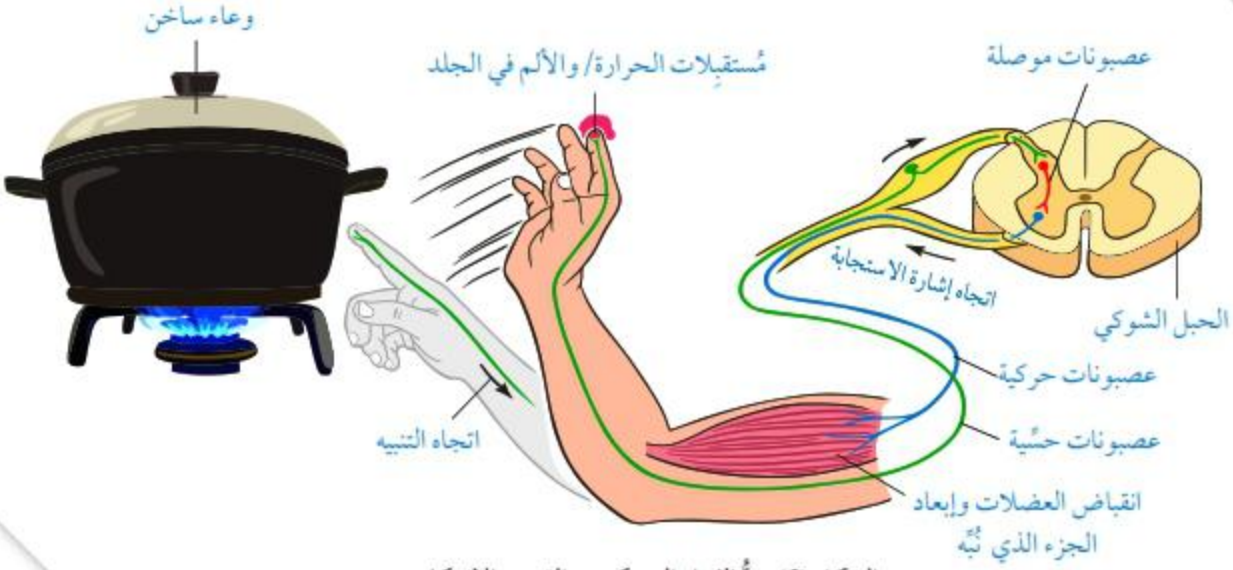
الجهاز العصبي الجسمي Somatic Nervous System

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.

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.	

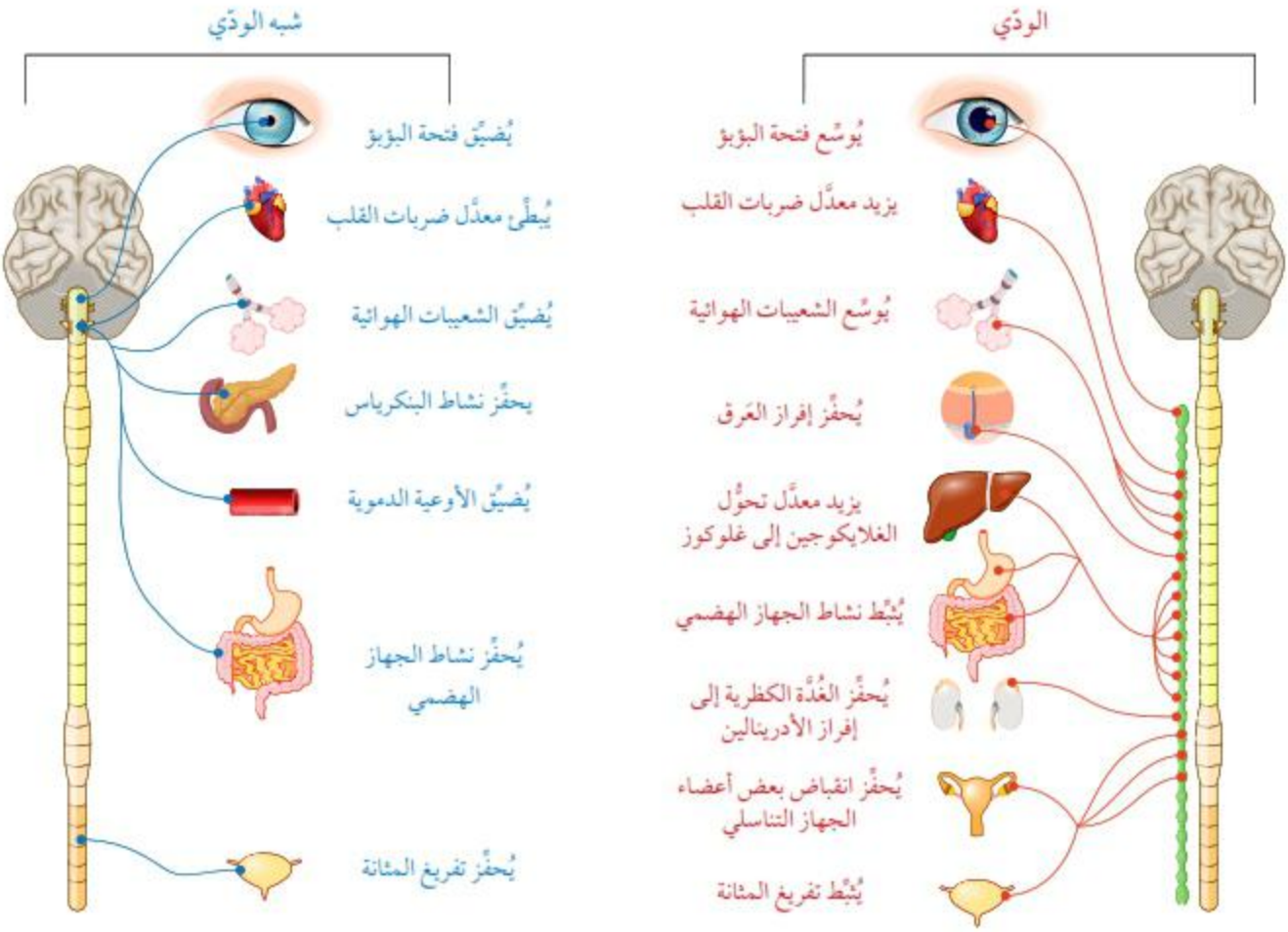


الشكل (5): ردُّ الفعل المنعكس والقوس الانعكاسي.

الجهاز العصبي الذاتي Autonomic Nervous System

يتكوَّن الجهاز العصبي الذاتي Autonomic Nervous System 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، في ما يُعرَف باستجابة الكَرّ والفَرّ، 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).

أتحقَّق: 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

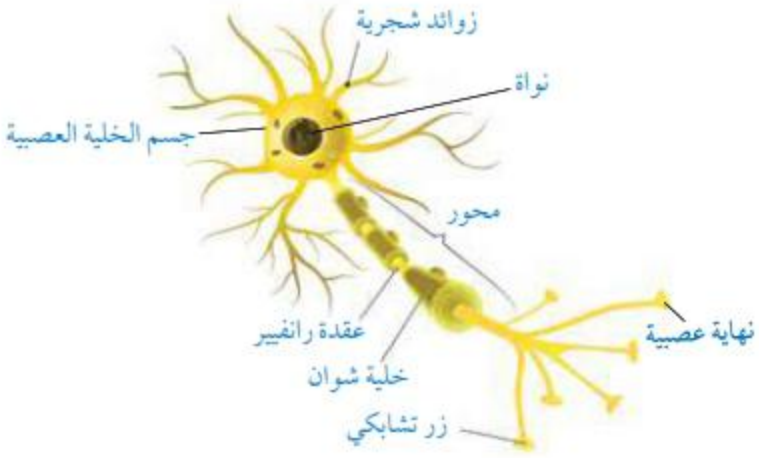
يُعَدُّ العصبون الوحدة الوظيفية للجهاز العصبي، ويتكوَّن من أربعة أجزاء رئيسة، هي:

- **جسم الخلية** Cell Body: يحتوي هذا الجزء على النواة.
- **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.
- **النهايات العصبية** Axon Terminals: نقاط اتصال بين عصبون وآخر، أو بين عصبون وخلية عضلية أو غُدَّة، أنظر الشكل (7).

يُحاط العديد من محاور العصبونات بغمد مليني Myelin Sheath، وهو يتكوَّن من طبقات مُتعدِّدة من الأغشية البلازمية لخلية شوان Schwan Cell. ويُطلَق على العصبونات التي يحيط بها هذا الغمد اسم العصبونات الملينية Myelinated Neurones، في حين تُسمّى العصبونات غير المحاطة بالغمد المليني العصبونات غير الملينية Non Myelinated Neurones.

أتحقَّق: ما علاقة الزوائد الشجرية بالمحور؟

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن الفرق بين العصبون والعصب، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برمجية مناسبة، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.



الشكل (7): تركيب العصبون.
أُحدِّد أجزاءه.

تكوُّن السيال العصبي وانتقاله
Formation and Transmission of a Nerve Impulse

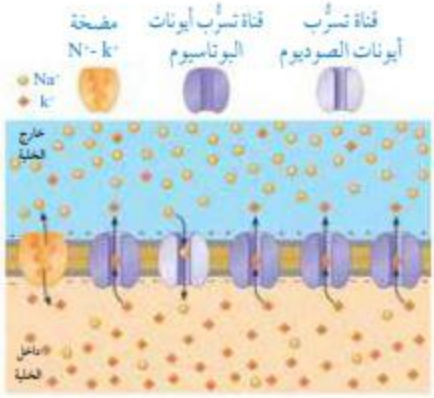
يمتاز الغشاء البلازمي للخلايا العصبية، شأنه في ذلك شأن معظم الخلايا، بوجود شحنة كهربائية نتيجة وجود اختلاف في توزيع الأيونات على جانبي الغشاء؛ فيكون داخل الخلية مشحونًا بشحنة سالبة مقارنةً بخارجها، ويُولِّد اختلاف الشحنة الكهربائية على جانبي الغشاء ما يُسمّى فرق الجهد Potential . يُطلَق على الإشارات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

أفكر: 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).



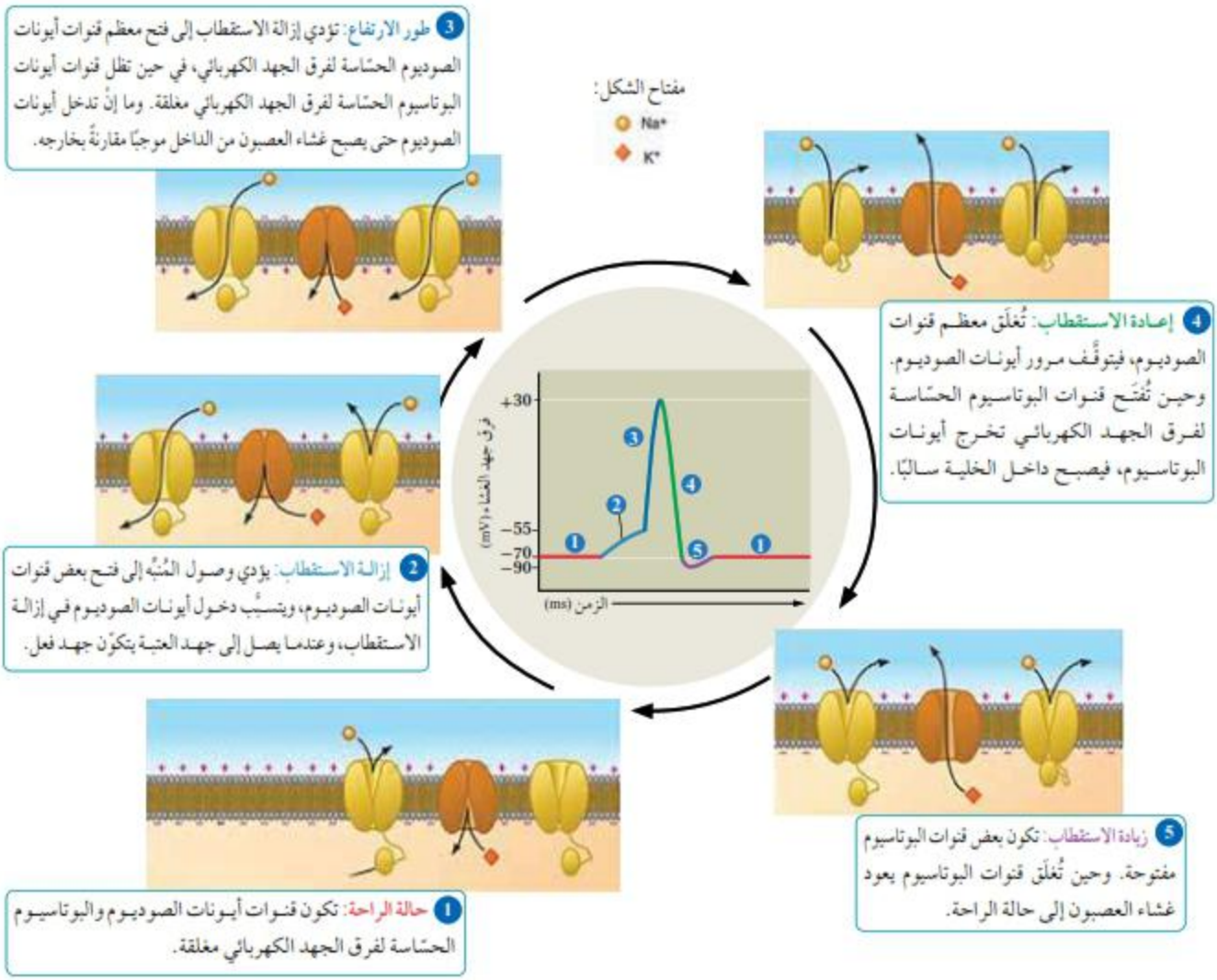
الشكل (8): توزُّع الأيونات على جانبي غشاء العصبون في أثناء جهد الراحة.

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. كيف تحدث عملية إزالة الاستقطاب؟



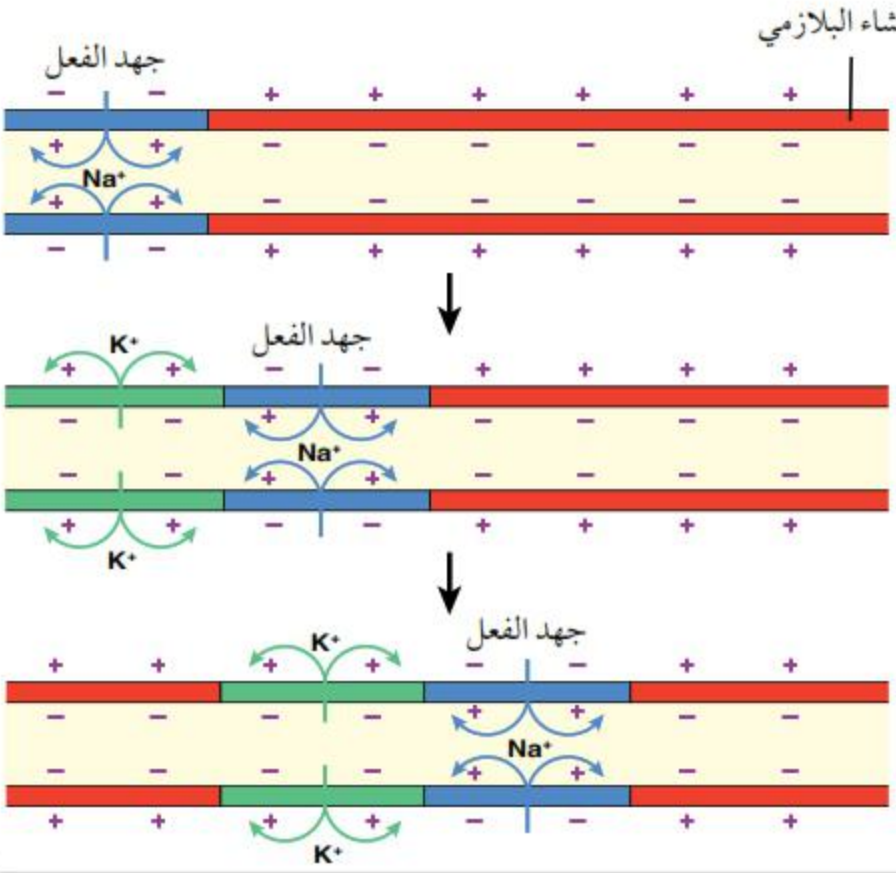
بعد أنْ تُغلَق قنوات أيونات الصوديوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي تُفتَح قنوات أيونات البوتاسيوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي Voltage Gated K^+ Channels، فيتدفَّق البوتاسيوم إلى خارج العصبون؛ ما يؤدي إلى إعادة الاستقطاب Repolarization. تظل هذه القنوات مفتوحة، ويستمر تدفُّق أيونات البوتاسيوم إلى الخارج 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

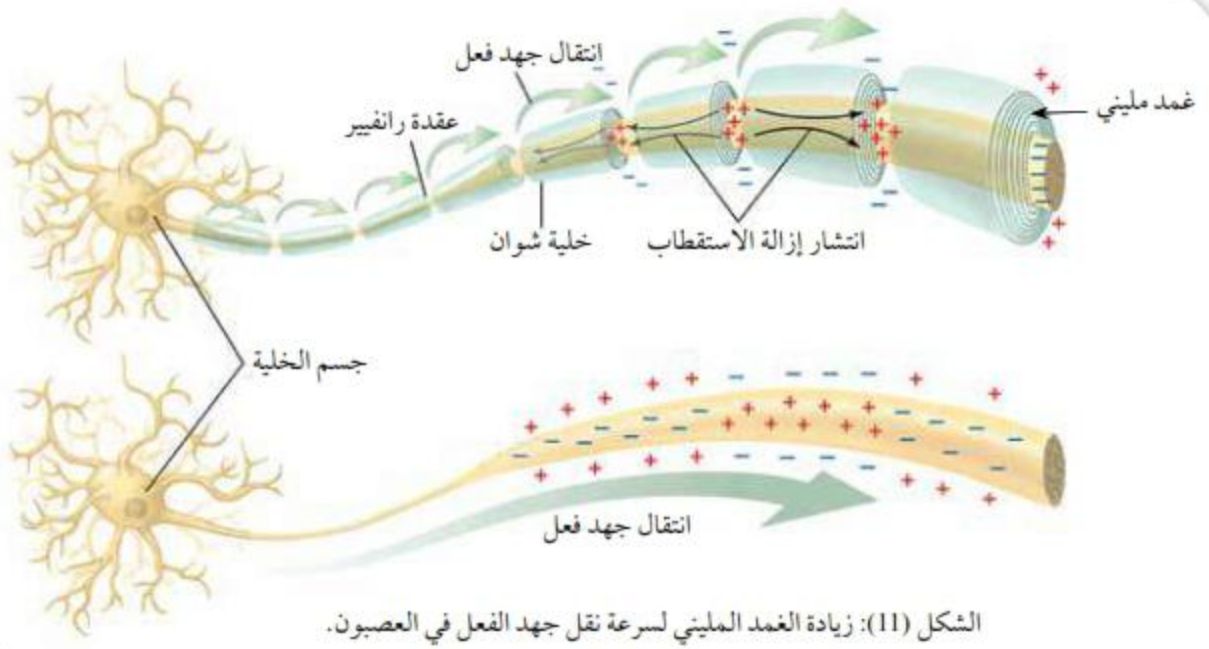
Transmission of Nerve Impulse along the Axon

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.

كيف يتولَّد 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.

الربط بعلم الأحلام

نُشِرت حديثًا في مجلة Current Biology دراسة شملت 36 مشاركًا مُتطوِّعًا، تفيد بإمكانية النائم إنشاء اتصال ثنائي الاتجاه في أثناء نومه وأحلامه؛ أي تواصله مع محيطه، والاستجابة لهذا التواصل في هذه الأثناء. راقب الباحثون نشاط دماغ المُتطوِّعين باستخدام خُوَذ تخطيط الدماغ، إضافةً إلى مراقبة حركة العين وانقباضات عضلات الوجه لكل مشارك. وقد طرحوا على النائمين أسئلة إجاباتها نعم أو لا، ومسائل حسابية بسيطة، فتمثَّلت إجاباتهم في الابتسام أو العبوس، وتحريك الجفون مرّات عِدَّة إشارةً إلى المجموع. وقد أوضح الباحثون أنَّ الاتصال الثنائي الاتجاه ممكن حتى لو كان صعبًا.

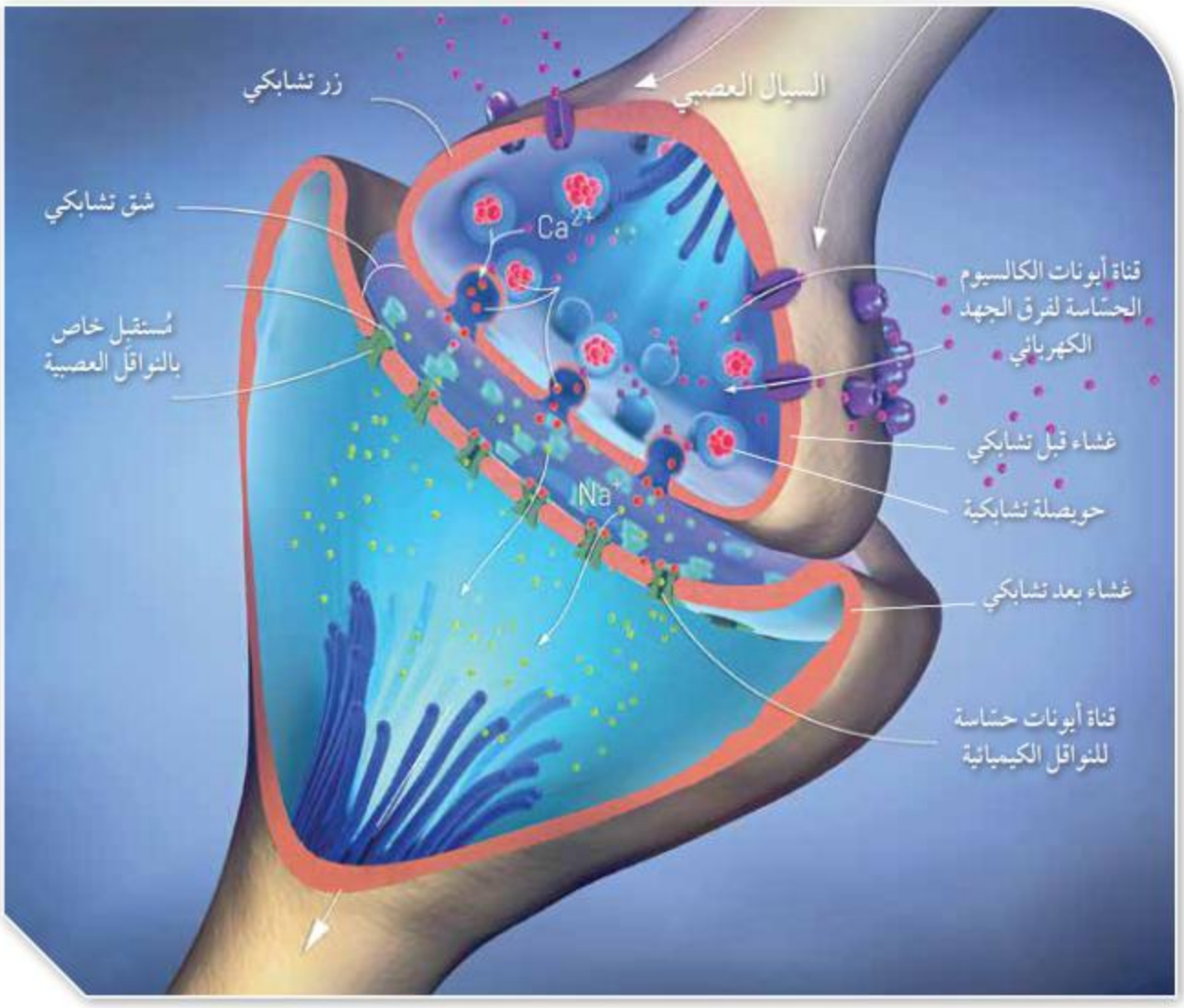
التشابك العصبي The Synapse

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.

كيف ينتقل السيال العصبي إلى العصبون بعد التشابكي؟



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

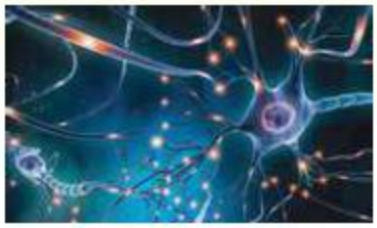
وصول السيال العصبي إلى الزر التشابكي يؤدي إلى فتح قنوات أيونات الكالسيوم الحسّاسة لفرق الجهد الكهربائي، فتدخل أيونات الكالسيوم داخل الزر التشابكي.

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؟

أبحث في أثر تعاطي المخدرات في صحة الجهاز العصبي، وانتقال السيال العصبي، ودور المؤسسات الوطنية في الحد من انتشار المخدرات، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج Power Point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.



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، قفافيز.

إرشادات السلامة: استعمال أدوات التشريح بحذر.

خطوات العمل:

1. أتأمّل شكل الدماغ، وأتعرّف أجزاءه، ثم أُدوّن ملاحظاتي.
2. **أجرّب** 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. ما أجزاء الدماغ الرئيسة؟
2. ما وظائف أجزاء الدماغ التي تعرّفْتُها؟
3. أُحدّد المخيخ.

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 الملينية وغير الملينية.
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.

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، واستجابة الجسم لها.

المفاهيم والمصطلحات:

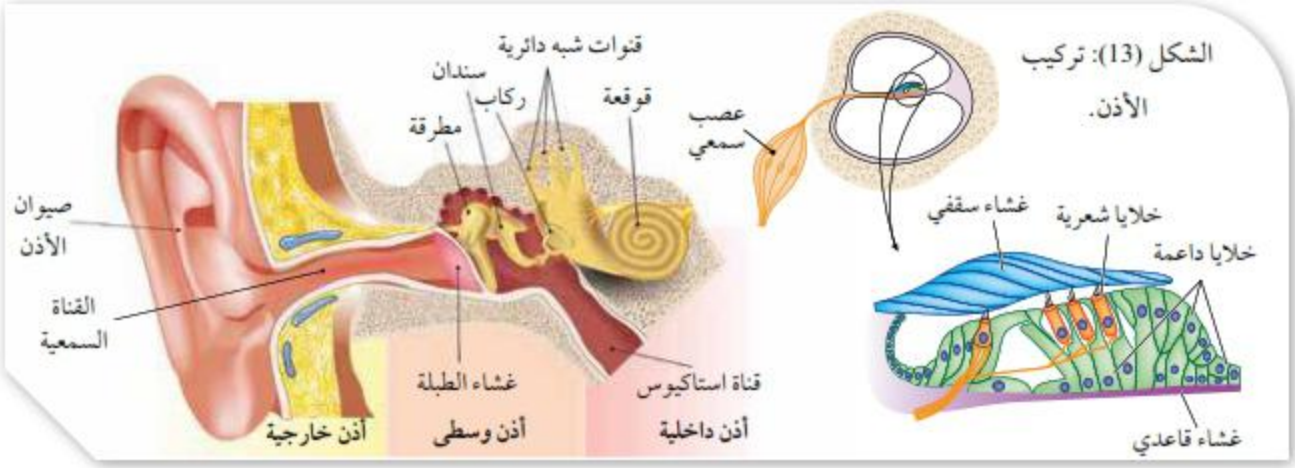
المُستقبِلات الحسِّية
Sensory Receptors

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).

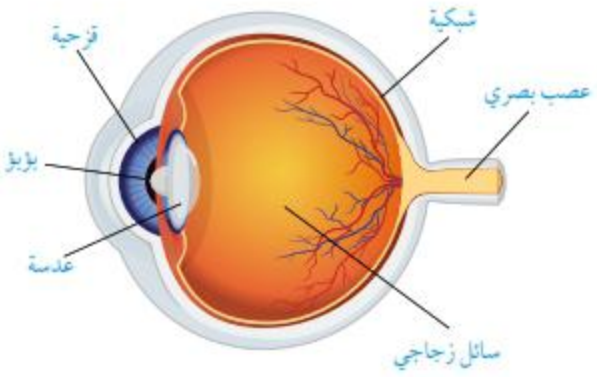
تُسبِّب الاهتزازات موجات ضغط في السائل الموجود داخل القوقعة؛ فتتحرَّك أهداب الخلايا الشعرية ليتكوّن جهد فعل ينتقل عن طريق العصب السمعي إلى الدماغ حيث يُدرَك الصوت.

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

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أهمية قناة استاكيوس، ثم أكتب تقريرًا عنها، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

المُستقبِلات الضوئية Photoreceptors

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



الشكل (14): تركيب العين.

تحتوي شبكية العين على نوعين من مُستقبِلات الضوء، هما: العصي 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.

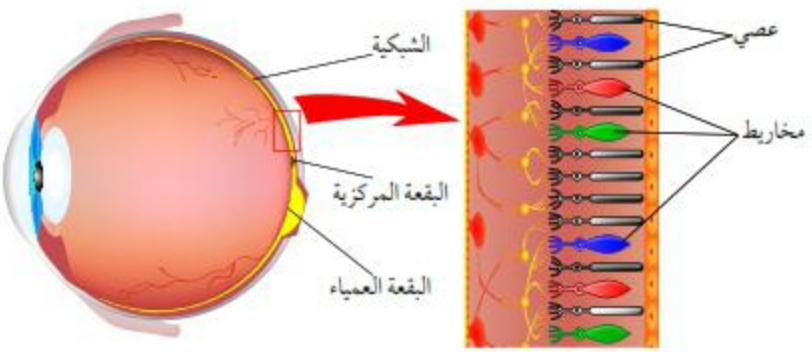
توجد ثلاثة أنواع من المخاريط: نوع يستجيب للضوء الأحمر، ونوع يستجيب للضوء الأخضر، ونوع يستجيب للضوء الأزرق، علمًا بأنَّ التداخل في أطوال الموجات الضوئية التي تمتصها المخاريط يتيح للإنسان رؤية الألوان جميعها. وتجدر الإشارة إلى أنَّ المخاريط تتركَّز في جزء من الشبكية يُسمّى البقعة المركزية Fovea Centralis.

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.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن وظيفة كلٍّ من الجسم الهدبي، والقزحية، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أفكر: لماذا يُنصح السائق/ السائقة عند تغيير المسرب الالتفات التفاتة سريعة فوق الكتف، وعدم الاعتماد كليًّا على المرآة الجانبية؟



الشكل (15): مُستقبِلات الضوء.

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 يضعه الطبيب تحت الجلد خلف الأذن عن طريق فتحة صغيرة، ثم يوصِله 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.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ما المقصود بالمستقبلات 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.

الغُدد الصَّمَّ والاتزان
Endocrine Glands and Homeostasis

الدرس 3

الفكرة الرئيسة:

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

نتاجات التعلُّم:

- أُحدِّد أجزاء جهاز الغُدد الصَّمِّ، ووظيفة كل جزء منها.
- أُبيِّن كيفية الحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم.

المفاهيم والمصطلحات:

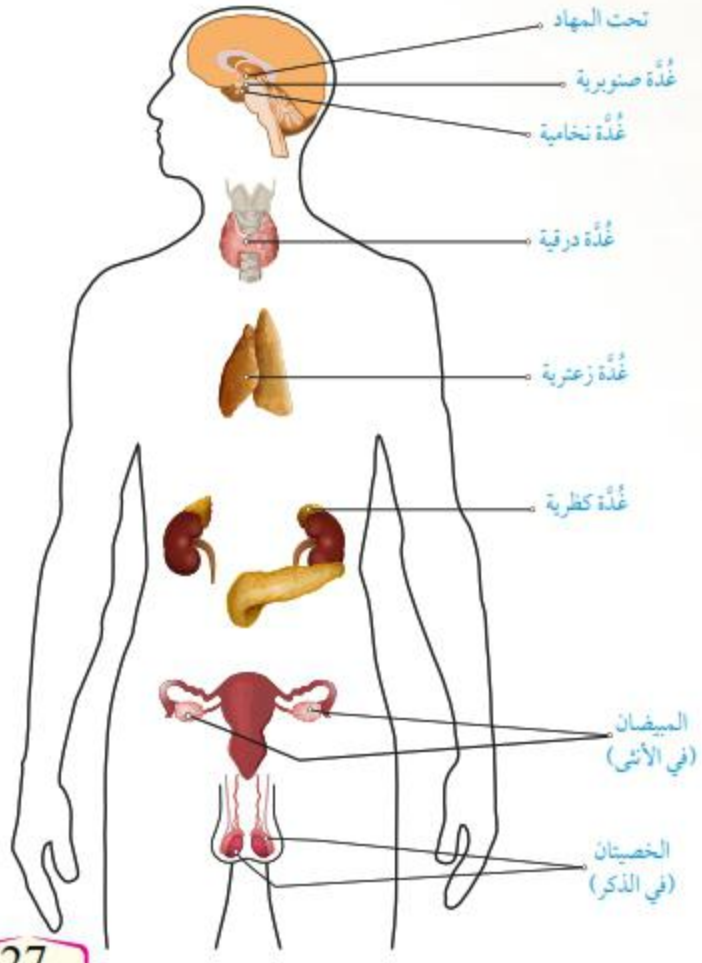
الغدد الصَّمّ	Endocrine Glands
الهرمون	Hormone
الاتزان الداخلي	Homeostasis

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أصل الاسم الآتي ومعناه: Endocrine Gland.

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 الصَّمُّ Endocrine Glands** التي تُطلِق إفرازاتها مباشرة في الدم.

جهاز الغُدد الصَّمِّ Endocrine System

يتكوَّن هذا الجهاز من مجموعة غُدد تُسمّى الغُدد الصَّمَّ، وتُسمّى إفرازات الغُدد الصَّمِّ **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 الصَّمِّ في جسم الإنسان.

أتحقَّق: أُوضِّح المقصود بكلٍّ من الغُدد الصَّمِّ، والغُدد الإفرازية.

تصنيف الهرمونات Hormones Classification

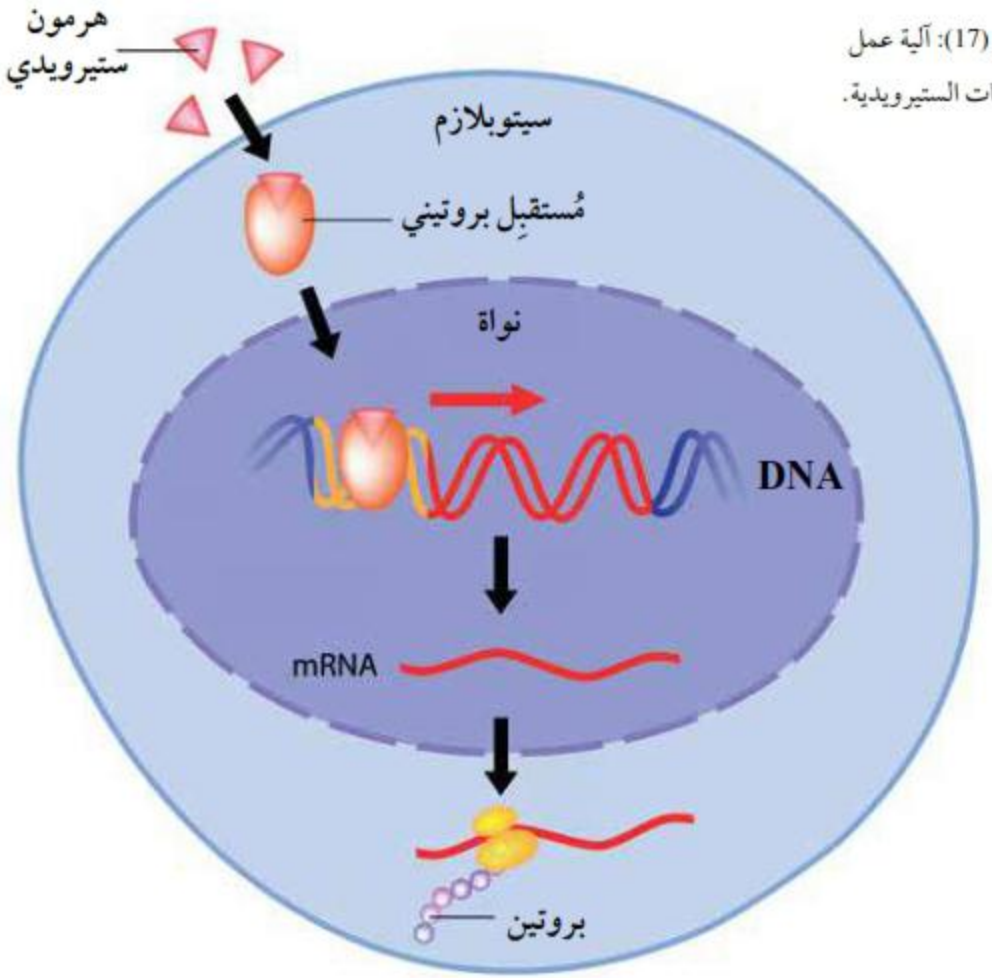
تُصنَّف الهرمونات بحسب تركيبها إلى ثلاث مجموعات، هي:

الهرمونات الستيرويدية Steroid Hormones

هـذه الهرمونـات جميعهـا مشـتقة مـن الكولسـترول، ومـن أمثلتهـا: هرمـون البروجسـترون، وهرمـون التستوسـتيرون. وهـي ترتبـط بمُسـتقبِلات داخـل الخلايـا المسـتهدفة؛ مـا يـؤدي إلـى تحفيـز بنـاء البروتينـات داخـل هـذه الخلايـا، أنظـر الشـكل (17).

الهرمونات المشتقة من الحموض الأمينية Amine Hormones

تندرج تحـت الهرمونات غير السـتيرويدية، ومـن أمثلتها: هرمون الإبينفـرن، وهرمـون النورإبينفـرن، وهمـا يُعرَفـان أيضًـا بهرمونـي الأدرينالين، والنورأدرينالين.



الشكل (17): آلية عمل الهرمونات الستيرويدية.

الهرمونات الببتيدية Peptides Hormones

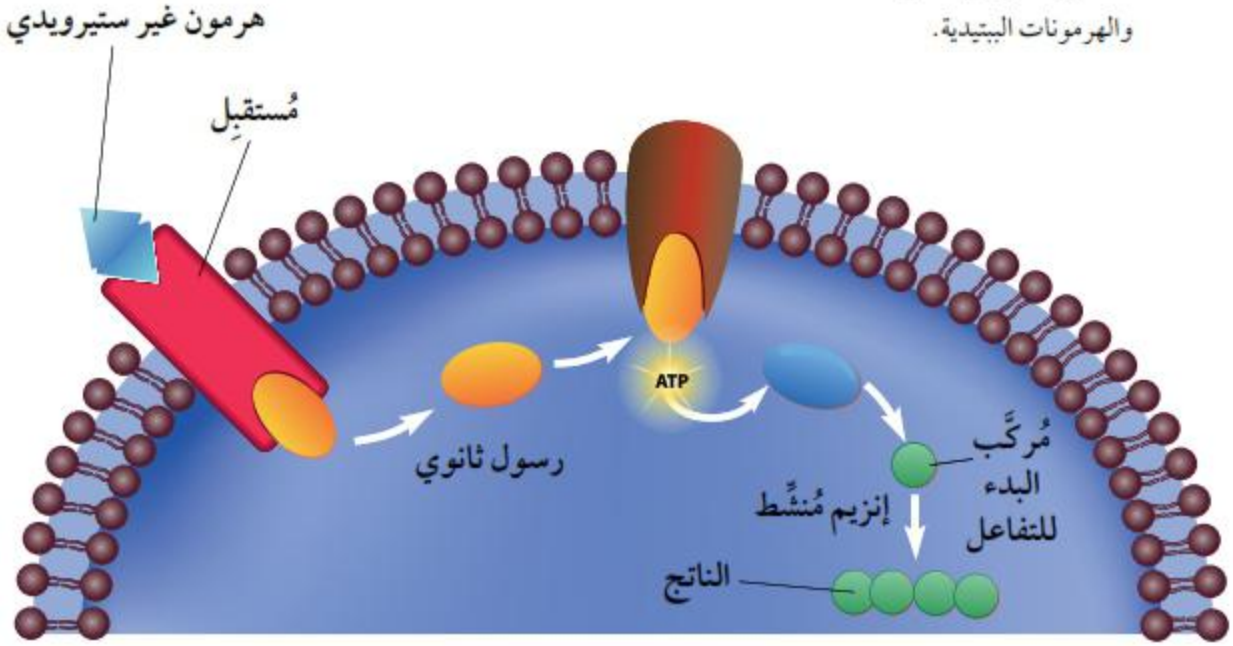
تعد من الهرمونات غير الستيرويدية، ومن أمثلتها: هرمون الإنسولين، وهرمون الغلوكاجون.

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).

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

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

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



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.

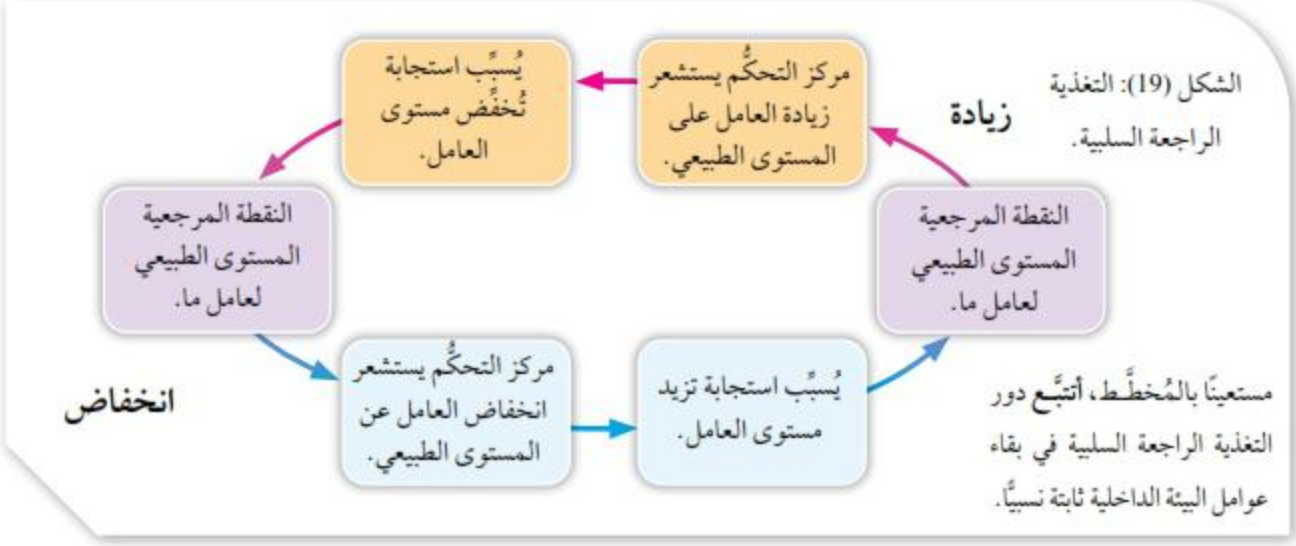
أهمية الاتزان الداخلي Importance of Homeostasis

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).

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

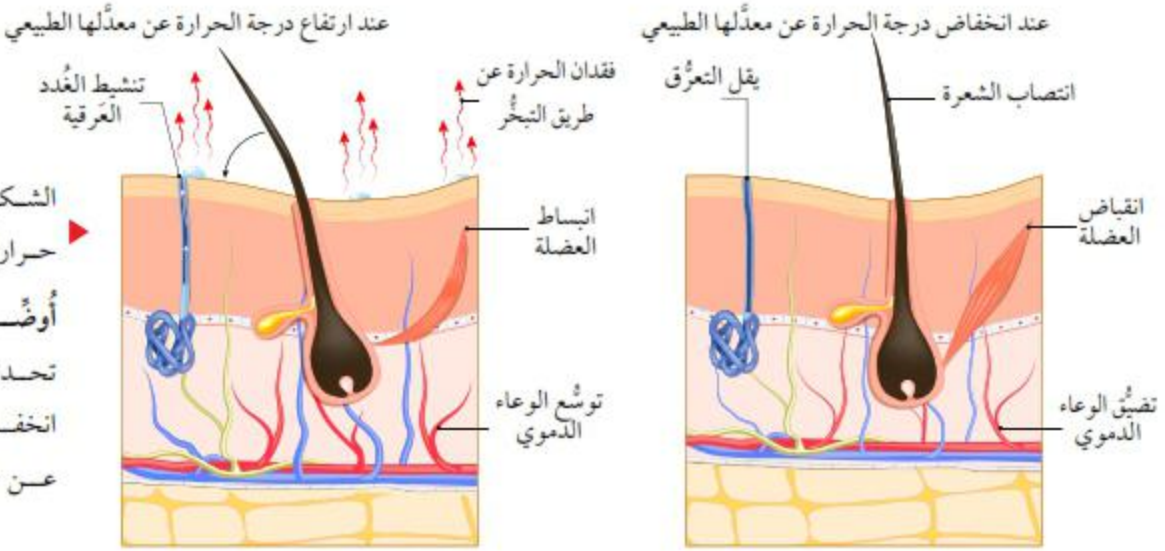
أبحث: يعمل مُنظِّم الحرارة في أجهزة التسخين الكهربائية وفقًا لآلية التغذية الراجعة السلبية. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن كيفية عمل مُنظِّم الحرارة للاحتفاظ بالمياه ساخنة عند درجة حرارة مُعيَّنة، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أبحث: 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. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أمثلة على هذه الآلية في جسم الإنسان.



الشكل (19): التغذية الراجعة السلبية.

مستعينًا بالمُخطَّط، أتتبَّع 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).

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

أفكِّر: لماذا يصبح لون بشرتي ورديًّا في يومٍ حارٍّ؟

أفكِّر: كيف تساعد القشعريرة على تدفئة الجسم عند الشعور بالبرد؟

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.

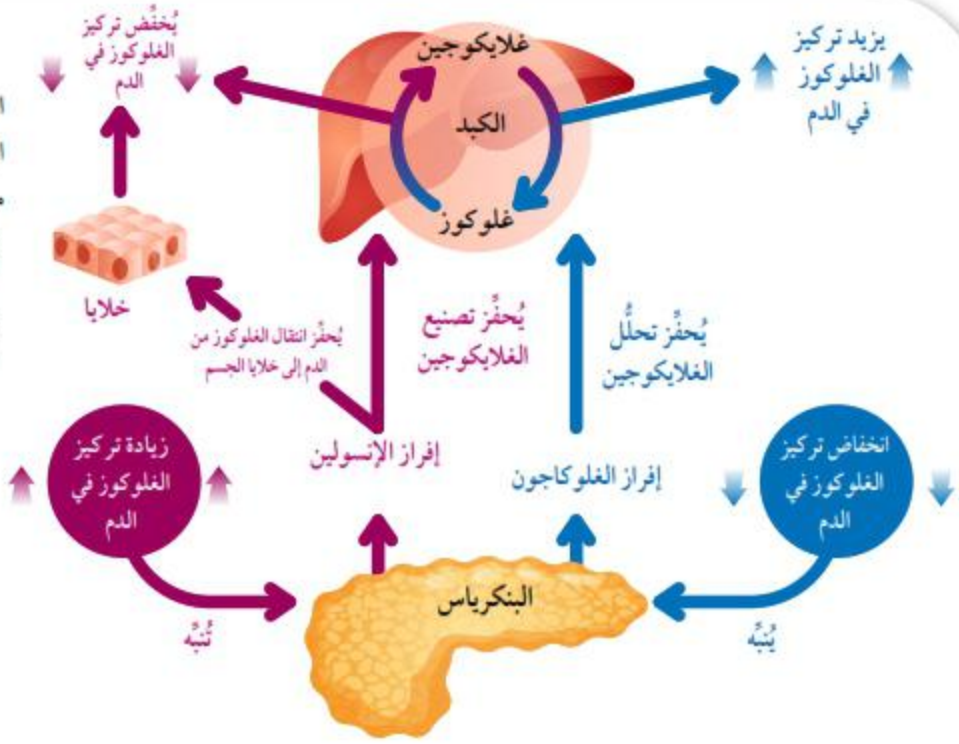
خطوات العمل:

1. أضع 20 mL من الماء الساخن في كلٍّ من أنبوبي الاختبار، ثم أُرقِّمهما بالرقمين (1) و (2).
2. **أصمِّم نموذجًا:**
   - ألفُّ الأنبوب رقم (1) بالمنديل الورقي المُبلَّل.
   - ألفُّ الأنبوب رقم (2) بالمنديل الورقي الجاف.
   - أضع ميزان حرارة في كل أنبوب.
3. **أجرِّب:** أقيس درجة الحرارة في الأنبوبين كل 4 min.
4. **ألاحظ** 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. **أقارِن** بين الأنبوبين من حيث التغيُّر في درجة الحرارة.
2. أشرح: كيف مثَّل النموذج دور التعرُّق في تنظيم درجة حرارة الجسم؟
3. **أفسِّر** سبب استخدام الأنبوب الملفوف بالمنديل الجاف.
4. أُمثِّل النتائج برسم بياني.



الشكل (21): 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 (21).

أبحث: تحتوي مضخات الإنسولين الذكية على برنامج يتيح تبادل البيانات مع المُستخدِم؛ لحساب كمية الإنسولين التي تَلزمه، وذلك بإدخاله غرامات الكربوهيدرات التي يراد استهلاكها، والأنشطة اليومية التي يمارسها. وبناءً على ذلك، يحسب البرنامج وحدات الإنسولين المطلوبة. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن المزايا التي تُوفِّرها المضخات الذكية لِمَنْ يعانون مشكلات بصرية؛ لتمكينهم من استخدام هذه المضخات، ثم أكتب تقريرًا عنها، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

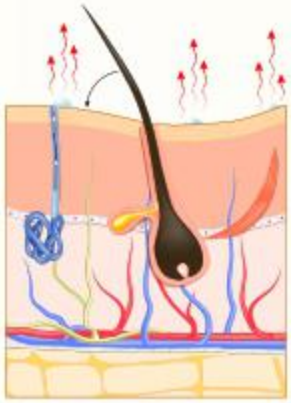
أتحقَّق: كيف تنظّم غُدّة البنكرياس مستوى الغلوكوز في الدم؟

الربط بالتكنولوجيا

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.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أُوضِّح ما يأتي:
   - مفهوم الهرمون.
   - المقصود من التغذية الراجعة السلبية.
   - 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.

استخدام الطب الرقمي في تشخيص الأمراض وعلاجها

Using Digital Medicine in the Diagnosis and Treatment of Diseases

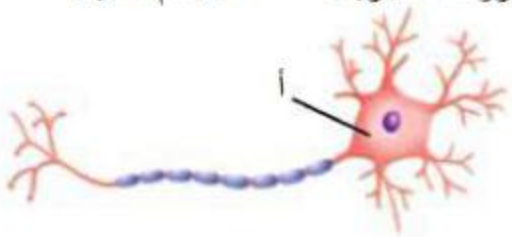
تُستعمَل وسائل الذكاء الاصطناعي لتحديد احتمال ظهور حالة صحية ما، أو تفاقمها. وقد تمكَّن العلماء من عمل تطبيقات علاجية لمجموعة مُتنوِّعة من الاضطرابات، وكان أول علاج رقمي بوصفة طبية نال موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية FDA تقنية سومريست Somryst لعلاج الأرق؛ إذ مثَّلت علاجًا سلوكيًّا معرفيًّا لعلاج 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.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن تطبيقات أخرى للطب الرقمي، ثم أصمم مطوية عن ذلك أعرضها على لوحة الإعلانات.

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. الناقلات 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 الحسّ.
   ب. الدماغ والحبل الشوكي.
   جـ. أعضاء الاستجابة.
   د. الخلايا العصبية الحسّية 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.

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. فأيُّ أنواع المُستقبِلات الضوئية لديهم لا يعمل غالبًا على نحوٍ صحيح؟

السؤال الخامس:

أُقارِن بين الجهاز العصبي الجسمي والجهاز العصبي الذاتي مُستخدِمًا أشكال ڤن.

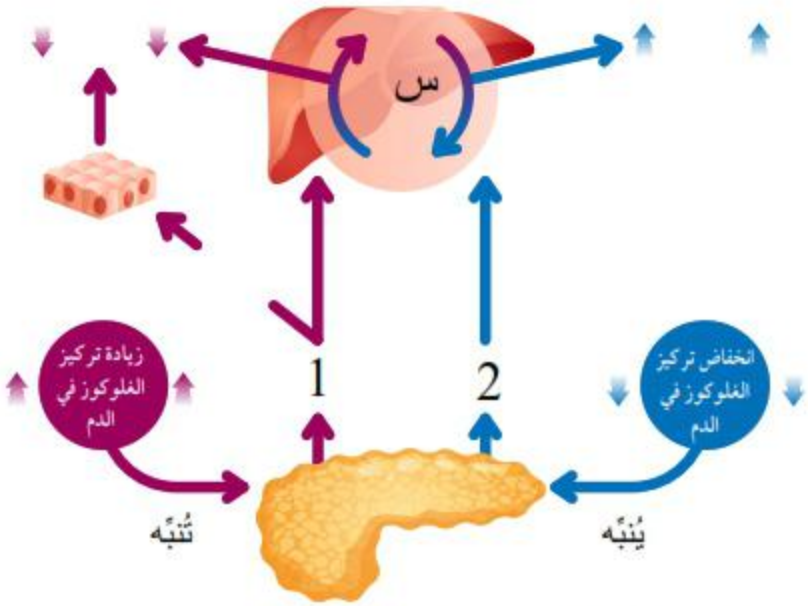
السؤال السادس:

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

النقل الوثبي	أ	غُدَّة 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 الحسّية	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 مُجهد، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:

مصدر الماء	الحجم (cm^3)	كيفية فقدان الماء	الحجم (cm^3)	
			نشاط عادي	تمرين مُجهد
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 2

الهضم والنقل وتبادل الغازات

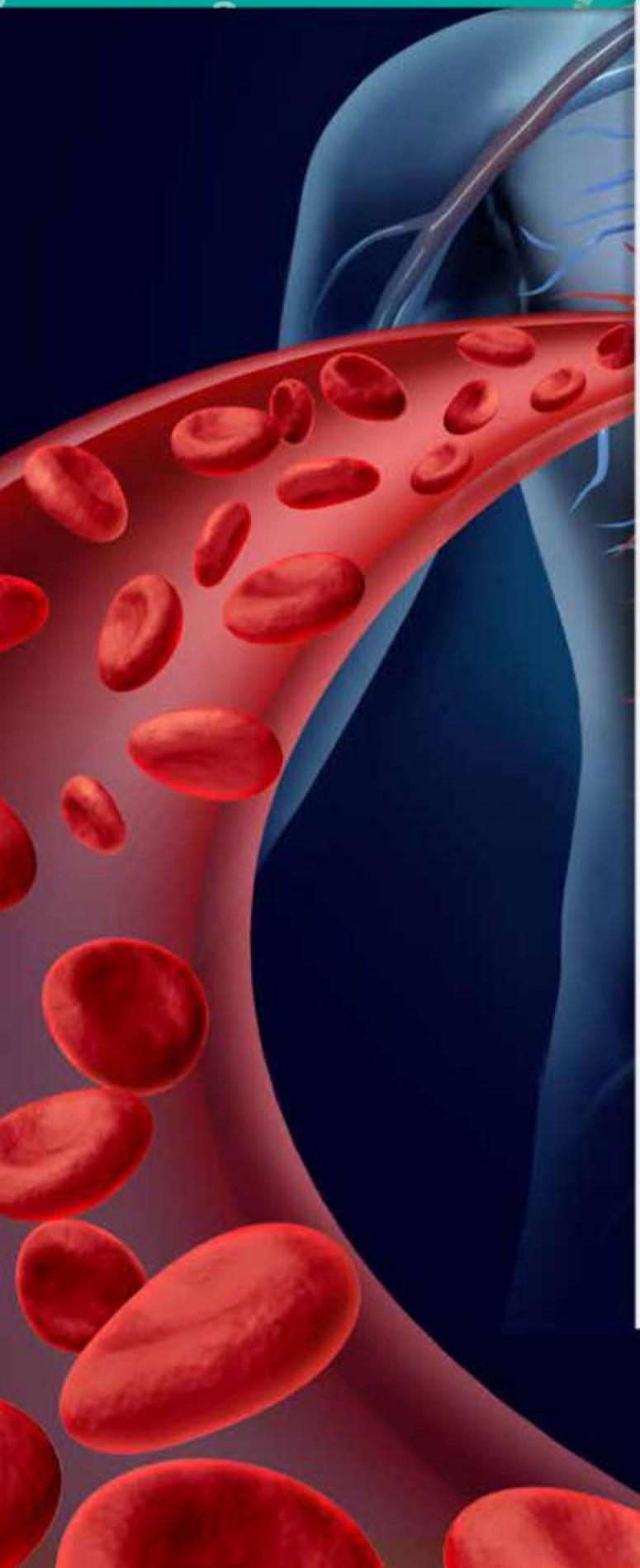
Digestion, Transport and Gas Exchange

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 أجهـزة الهضم والدوران والتنفُّس وظائف خاصـة، غير أنَّها تتـآزر لكي تسـتفيد جميع الخلايا مـن الغـذاء الـذي يتناولـه الإنسـان، وتحصل على الطاقة منـه، وتتخلَّص مـن الفضلات.

الدرس الأول: الجهاز الهضمي: التركيب والوظيفة.

الفكـرة الرئيسـة: يعمـل الجهـاز الهضمـي علـى تحويـل الغـذاء إلـى مـواد بسـيطة يُمكِـن امتصاصهـا والاسـتفادة منها، وتخليص الجسـم مـن الفضـلات الصُّلْبـة.

الدرس الثاني: جهاز الدوران: التركيب والوظيفة.

الفكـرة الرئيسـة: يتكـوَّن جهـاز الـدوران مـن القلـب والـدم والأوعية الدمويـة، ويعمل على نقـل المـواد اللازمة إلـى الخلايـا، وتخليصها مـن الفضـلات والمـواد الأُخـرى الزائدة على حاجة الجسـم.

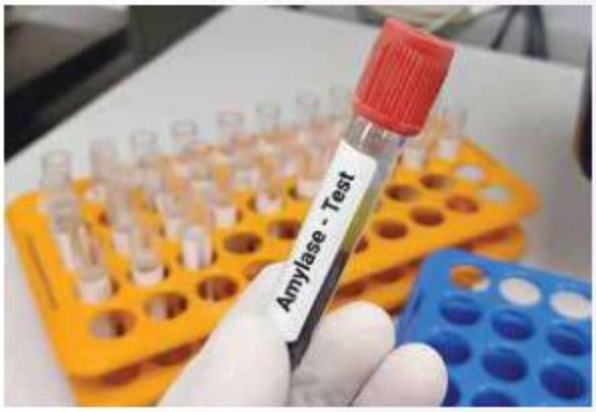
الدرس الثالث: الجهاز التنفُّسي: التركيب والوظيفة.

الفكرة الرئيسـة: ينقل الجهاز التنفُّسـي الأكسجين مـن الهواء الجـوي إلى دم الإنسـان، ويُخلِّص الجسـم من ثاني أكسـيد الكربون.

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
Digestive System: Structure and Function

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

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

نتاجات التعلُّم:

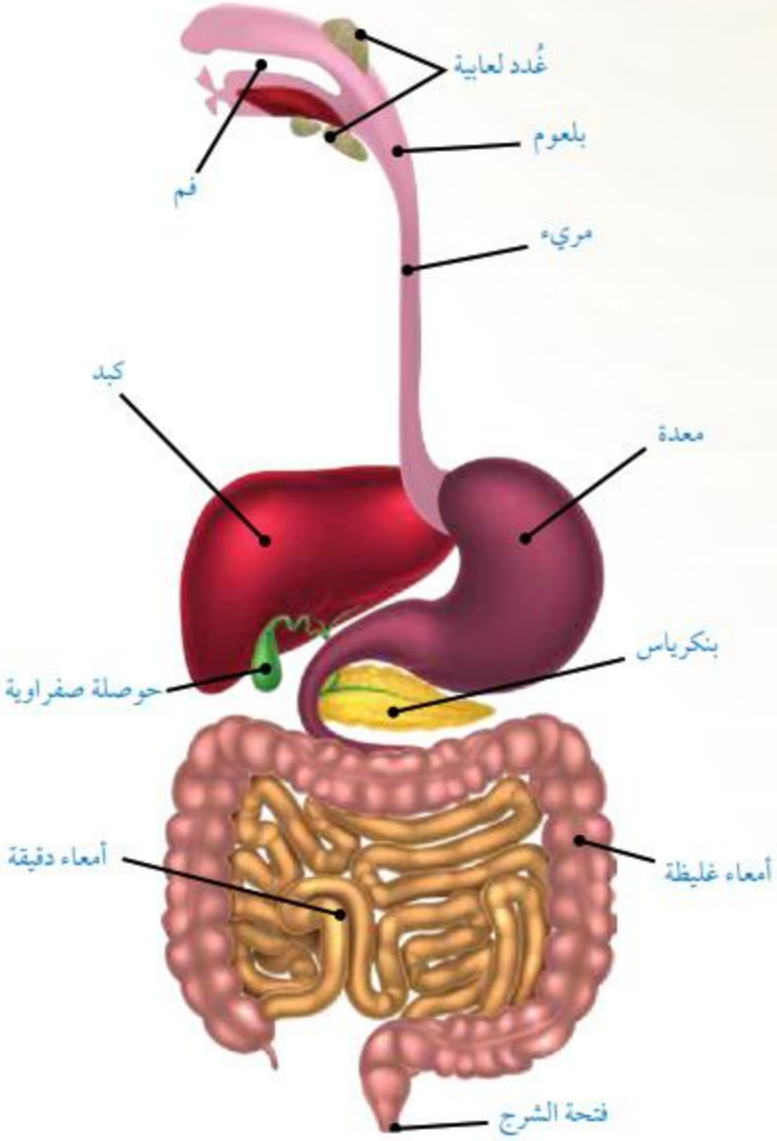
- أُحدِّد تركيب الجهاز الهضمي، ووظيفة كل جزء منه.
- أَصِف عمليات الهضم على طول القناة الهضمية.

المفاهيم والمصطلحات:

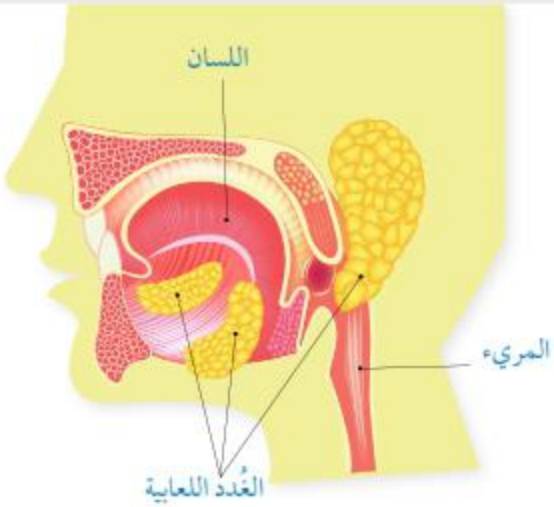
الحركة الدودية	Peristalsis
العضلة العاصرة الفؤادية	Cardiac Sphincter Muscle
الكيموس	Chyme
الصمام البوابي	Pyloric Valve
استحلاب الدهون	Fat Emulsification

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 Amylase α 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

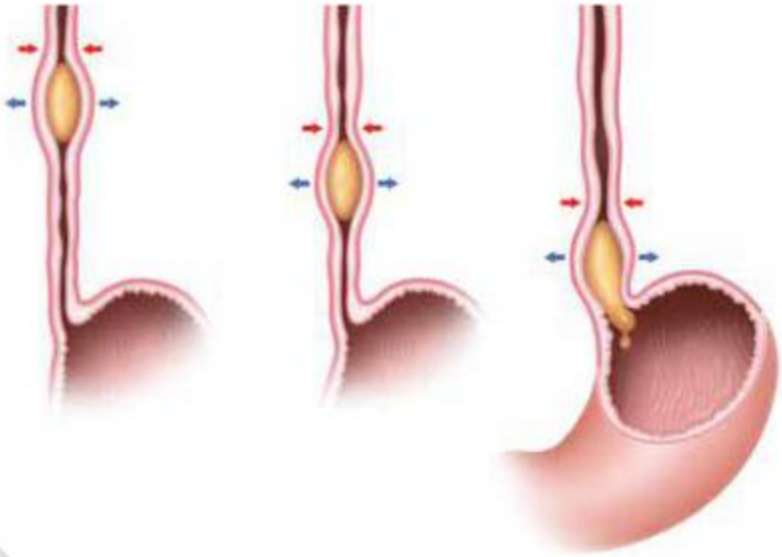
علاقة صحة الفم بحماية القلب

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.

الربط بالطب والتكنولوجيا

علاقة بكتيريا القناة الهضمية بالأمراض العصبية

تُنتِج البكتيريا التي تعيش في الأمعاء موادّ تنتقل إلى الدماغ. وقد طوَّر باحثون في الهندسة البيولوجية والهندسة الميكانيكية قناة هضمية صناعية؛ لدراسة تأثير هذه البكتيريا في كلٍّ من أنسجة المخ السليمة، وأنسجة المخ المأخوذة من مرضى باركنسون، وتَبيَّن لهم أنَّ هذه المواد تفيد الأشخاص الأصحاء، لكنها قد تؤدي إلى حدوث مضاعفات لأمراض دماغية مُعيَّنة، مثل: اختلال البروتين، وموت الخلايا العصبية المرتبط بمرض باركنسون.



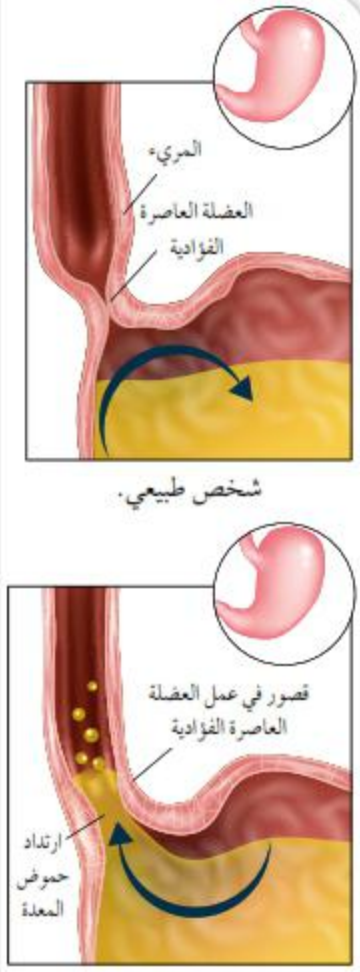
الشكل (3): الحركة الدودية في المريء.

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.

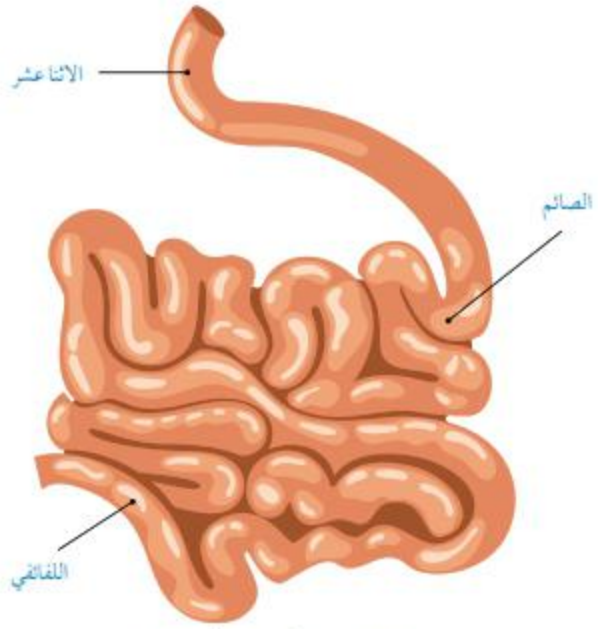
الهضم في المعدة Digestion in Stomach

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.

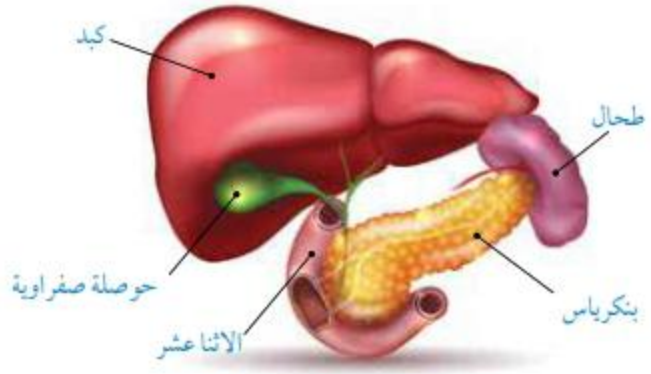
أفكر لماذا يُعطى المريض هرمون الإنسولين (يتكوَّن من بروتين) في صورة حُقَن لا أقراص؟

أبحث: يعيش في أمعاء الإنسان أنواع مختلفة من البكتيريا، منها ما هو ضارٌّ بالإنسان، ومنها ما هو نافع له Probiotics، مثل: العصيات اللبنية *Lactobacillus*، وبكتيريا البفيدو *Bifidobacterium*. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أهمية بكتيريا الأمعاء النافعة للجسم، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

Lactobacillus *Bifidobacterium*

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن علاقة أنواع المضافات الغذائية، ومنها: المنكهات والملونات، والمواد الحافظة، والمكمّلات الغذائية بالصحة، ثم أعد عرضًا تقديميًّا أعرضه على 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. 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.

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 هو 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.

أبحث: يُعَدُّ الكبد أكبر عضو داخلي في جسم الإنسان، ويُسمّى أحيانًا المصنع الحيوي في الجسم. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن التركيب الدقيق للكبد ووظائفه في جسم الإنسان، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، وأقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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.

أبحث:

يعاني بعض الأشخاص مشكلات صحية بسبب انسداد الحوصلة الصفراوية أو قناتها. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أعراض الإصابة بذلك، وتعديل نظام الغذاء ومُكوِّناته لهؤلاء الأشخاص، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

نشاط

محاكاة استحلاب الدهون

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

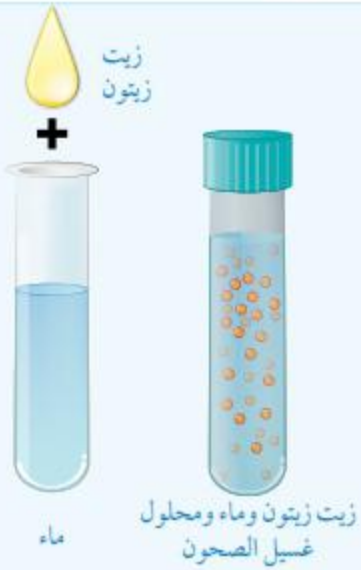
إرشادات السلامة:

الحذر من انسكاب الزيت على الملابس، أو على الأرض.

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

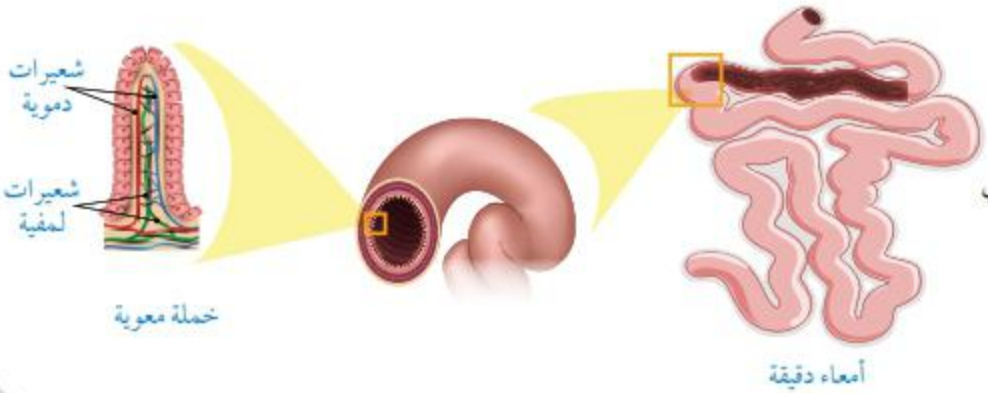
خطوات العمل:

1. **أجرِّب:** أضع 5 mL من الماء، و4 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. **أقارِن** 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.



الشكل (8): التركيب الداخلي لجدران الأمعاء الدقيقة.

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.

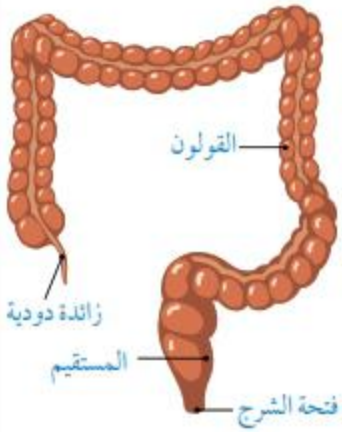
امتصاص الغذاء في الأمعاء الدقيقة Absorption in Small Intestine

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).

الامتصاص والإخراج في الأمعاء الغليظة
Absorption and Defecation in Large Intestine

تتكوَّن الأمعاء الغليظة Large Intestine من الزائدة الدودية، والقولون، والمستقيم، وتنتهي بفتحة الشرج، أنظر الشكل (9). تعمل الحركة الدودية الناتجة من انقباضات العضلات الملساء في جدار الأمعاء الدقيقة على دفع بقايا الطعام غير المهضوم إلى القولون، فيُمتَص الماء وبعض الأملاح المعدنية والفيتامينات، ثم تُطرَح الفضلات الصُّلْبة التي تصل المستقيم عن طريق فتحة الشرج.

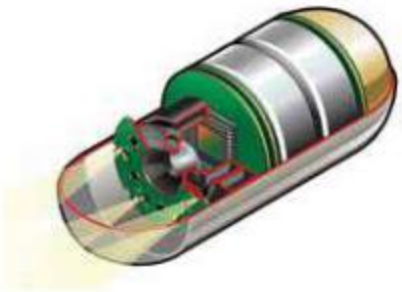
أبحث: يعتقد بعض الأشخاص أنَّ معظم امتصاص الماء يكون عن طريق جدران الأمعاء الغليظة.
أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن نسبة ما يُمتَص من ماء في كلٍّ من الأمعاء الدقيقة، والأمعاء الغليظة، مُعزِّزًا إجابتي بتوثيق المصادر التي بحثْتُ فيها.



الشكل (9): أجزاء الأمعاء الغليظة.

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. وفي أثناء انتقال الكبسولة خلال القناة الهضمية، تلتقط الكاميرا آلاف الصور التي تُرسَل إلى جهاز تسجيل يرتديه المريض على حزامٍ حول الخصر.

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

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، مُبيِّنًا 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.

الدرس 2 جهاز الدوران: التركيب والوظيفة
The Circulatory System: Structure and Function

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.

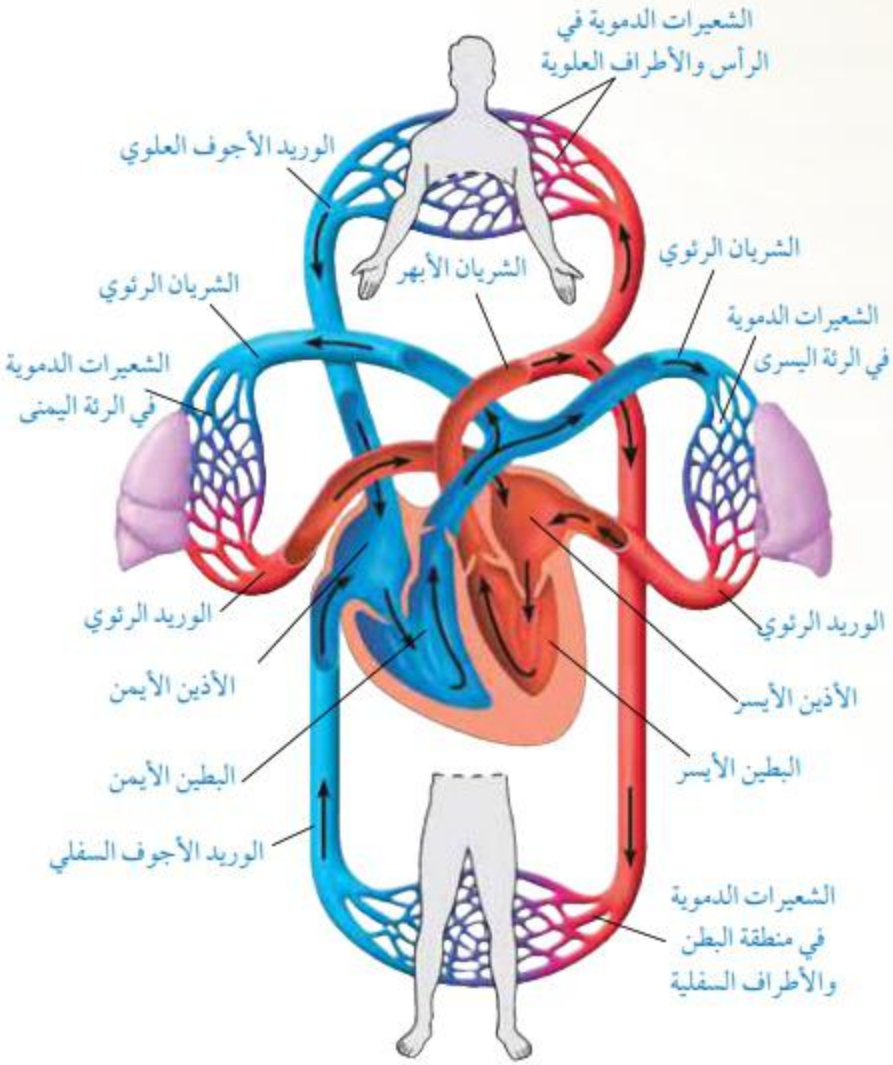
المفاهيم والمصطلحات:

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.

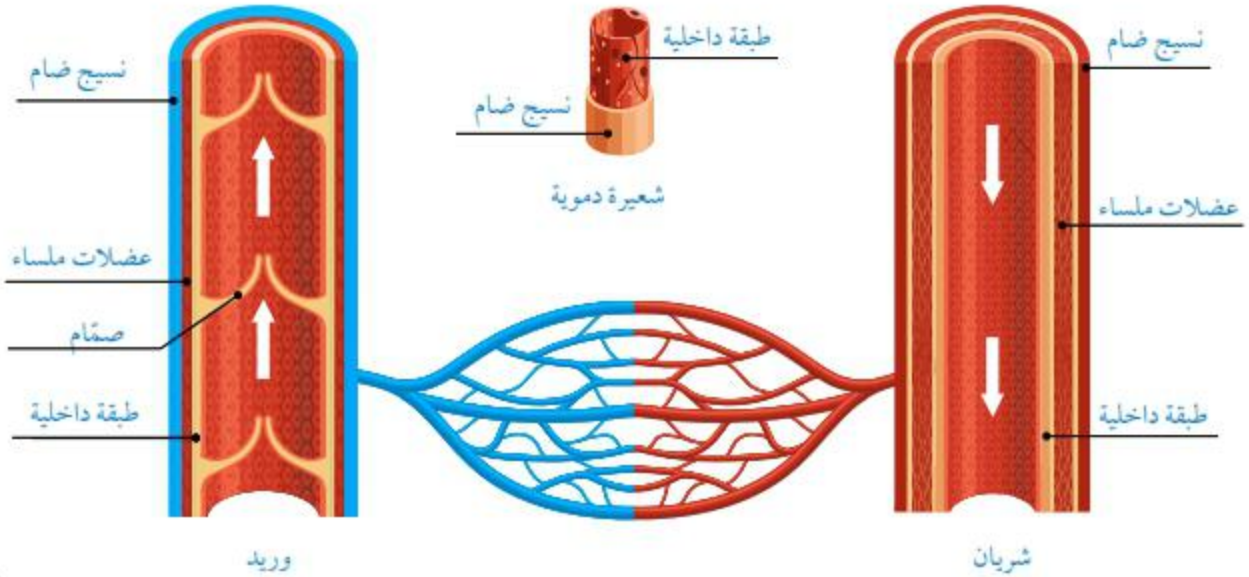


الشكل (10): تركيب جهاز الدوران، والدورتين الدمويتين: الجهازية والرئوية.

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 الشُّريَّنات، وفيها ينخفض ضغط الدم. وتحوي الشرايين البعيدة عن القلب أليافًا مرنة أقل من تلك القريبة إليه.

أفكر

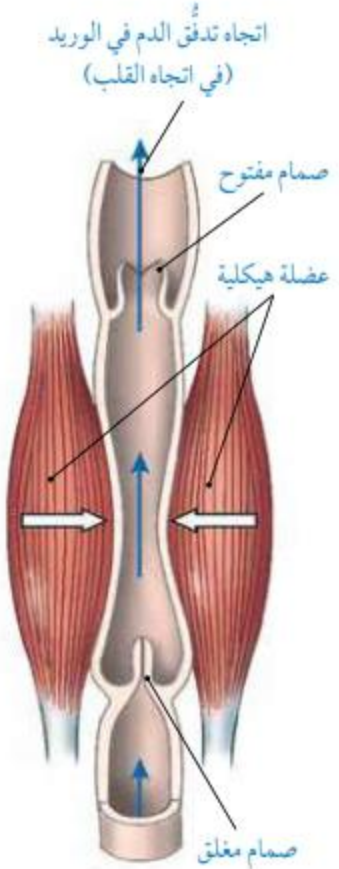
ماذا يُقصَد بضغط الدم؟ ما ضغط الدم الطبيعي للشخص السليم؟

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 وتركيب كل منها.

أبحث: عند قياس ضغط الدم باستخدام جهاز رقمي خاص بذلك تظهر قراءتان (علوية، وسفلية) على شاشة الجهاز.
أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عمّا تُمثِّله القراءة العلوية والقراءة السفلية، مُحدِّدًا عوامل زيادة ضغط الدم وما تُسبِّبه من أمراض، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

دوالي الأوردة

دوالي الأوردة varicose veins خلل يُؤثِّر في صمامات الأوردة.
أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن مُسبِّبات هذا الخلل، وأبرز أعراضه، وطرائق علاجه، وسُبُل الوقاية منه، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

توجد ثلاثة

توجد ثلاثة أنواع رئيسة من الشعيرات الدموية، هي: الشعيرات الدموية المستمرة Continuous، والشعيرات الدموية المنفذة Fenestrated، والشعيرات الدموية الجيبية Sinusoidal.
أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن هذه الأنواع، وأماكن وجودها، وأهمية كلٍّ منها، 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

يتكـوَّن الـدم من جزء سـائل هـو البلازمـا، وآخر من خلايـا، لكلٍّ منهـا وظيفـة مُحـدَّدة. يحـوي جسـم الإنسـان البالـغ السـليم مـا بين L (4-5) مـن الـدم تقريبًـا، أنظر الشـكل (13).

مُكوِّنات الدم الخلوية Cellular Components of Blood

يحتـوي الـدم علـى مُكوِّنـات خلويـة تُمثِّـل ما نسـبته نحـو 45% من الحجـم الكلـي للدم، وتشـمل مـا يأتي:

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

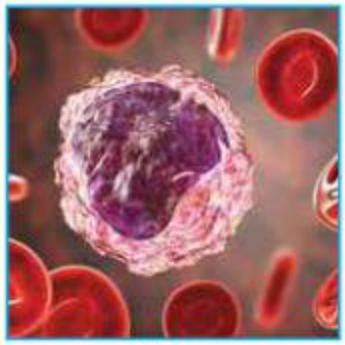
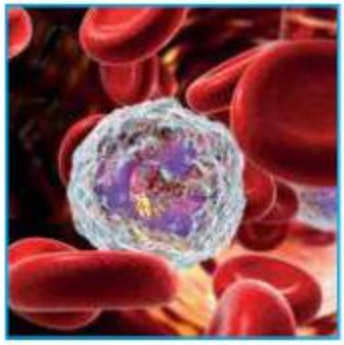
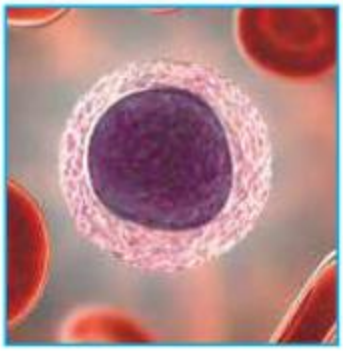
أفكر أحسُب باللترات حجم خلايـا الـدم الحمـراء مـن حجـم الـدم الكلـي فـي جسـم الإنسـان.

خلايا الدم الحمراء Red Blood Cells

يتلاءم شـكل خلايـا الدم الحمـراء مـع وظيفتها؛ فشـكلها قرصي ثنائـي التجويـف؛ مـا يـؤدي إلـى زيـادة مسـاحة السـطح نسـبةً إلـى حجمهـا، فتـزداد كفاءتهـا في نقل الأكسـجين، وهي صغيـرة الحجم؛ إذ يبلـغ قُطْرهـا نحـو 7µm، أنظر الشـكل (14)، وهي تتكـوَّن في نخاع العظـم، وعمرهـا قصيـر نسـبيًّا؛ إذ يبلـغ نحـو 120 يومًـا، لتتحطَّم بعد ذلك بوسـاطة العُقـد اللمفيـة والطحال.

لا تحتـوي خليـة الـدم الحمـراء علـى نـواة، أو ميتوكندريـا، أو شـبكة إندوبلازميـة؛ مـا يمنـح جزيئـات الهيموغلوبين مسـاحة أكبر.

الشكل (14): خلايا الدم الحمراء. **أَصِف** شكل خلايا الدم الحمراء.

وحيدات النوى Monocytes	الخلايا المتعادلة Neutrophils	الخلايا اللمفية Lymphocytes
		
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.	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.	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.

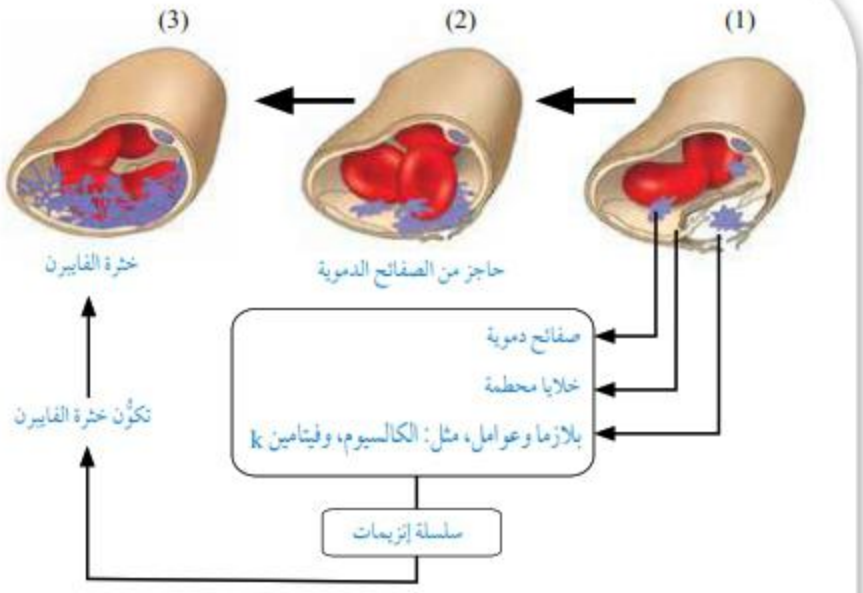
الشكل (15): أنواع من خلايا الدم البيضاء.

خلايا الدم البيضاء White Blood Cells

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

أفكر لماذا لا تنقسم خلايا الدم الحمراء انقسامًا خلويًّا؟

خلايا الدم الحمراء محاطة بخيوط الفايبرن



الشكل (16): آلية تخثُّر الدم.

أتتبع خطوات عملية تخثر 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؟

أبحث: يُعالَج مرضى سرطان الدم إمّا بالعلاج الكيميائي، وإمّا بالعلاج الإشعاعي.
أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أثر كلا العلاجين في عدد الصفائح الدموية، وفي صحة المصاب، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أبحث: يعاني بعض الأشخاص اختلالًا وراثيًّا يُسمّى الناعور.
أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن مُسبِّبات هذا الاختلال، وأبرز أعراضه، وطرائق علاجه، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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).

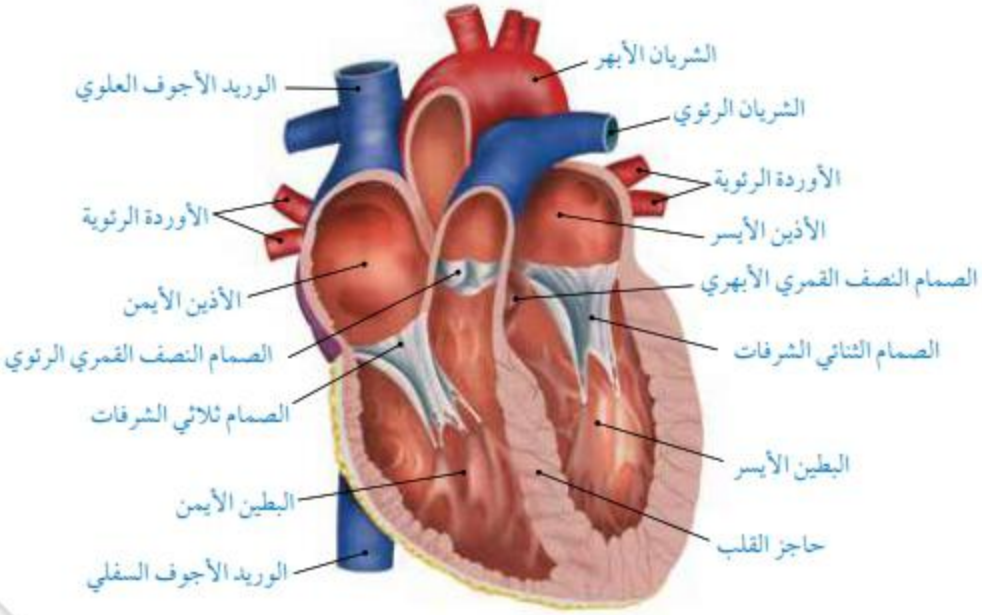
يتكوَّن القلب من عضلات قلبية تختلف عن العضلات الملساء والعضلات الهيكلية من حيث التركيب والوظيفة. ويُمكِن لعضلة القلب أنْ تنقبض وتنبسط على نحوٍ مُتكرِّر؛ لأنَّها تُحفَّز ذاتيًّا من دون حاجة إلى تحفيز الجهاز العصبي، ويكون انتشار جهد الفعل فيها منتظمًا بما يضمن استمرار حياة الشخص. أمّا العضلات الهيكلية والعضلات الملساء فتتطلَّب التنبيه من الجهاز العصبي حتى تنقبض.

أفكر 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.

✓ **أتحقَّق**: ما أهمية وجود حاجز يقسم القلب إلى جهتين؟

(أ): التركيب الخارجي للقلب.



(ب): التركيب الداخلي للقلب.

الشكل (17): تركيب القلب.

نشاط

تشريح قلب خروف

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

إرشادات السلامة:

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

خطوات العمل:

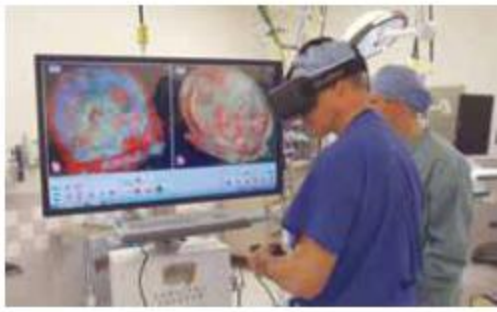
1. **ألاحِظ** شكل القلب، ومظهره، ولونه.
2. أحدِّد الجانب الأيمن والجانب الأيسر من القلب.
3. أقلب القلب بحيث يكون الجانب الأيمن على يميني كما لو كان في جسمي، ثم أبحث عن الفتحة الكبيرة في الجزء العلوي من القلب بجوار الأذين الأيمن، ثم أضع أداة تشريح مناسبة أسفله ليصل الأذين الأيمن، ثم أحدِّد موقع الوريد الأجوف العلوي والوريد الرئوي.
4. أحدِّد موقع الشريان الأبهر، ثم موقع الشريان الرئوي.
5. أحدِث 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 أحدِّد 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. أحدِّد موقع البطينين، ثم مقدار سُمْك جدار كلٍّ منهما.
8. أُدخِل أداة التشريح في الشريان الأبهر، مُلاحِظًا 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

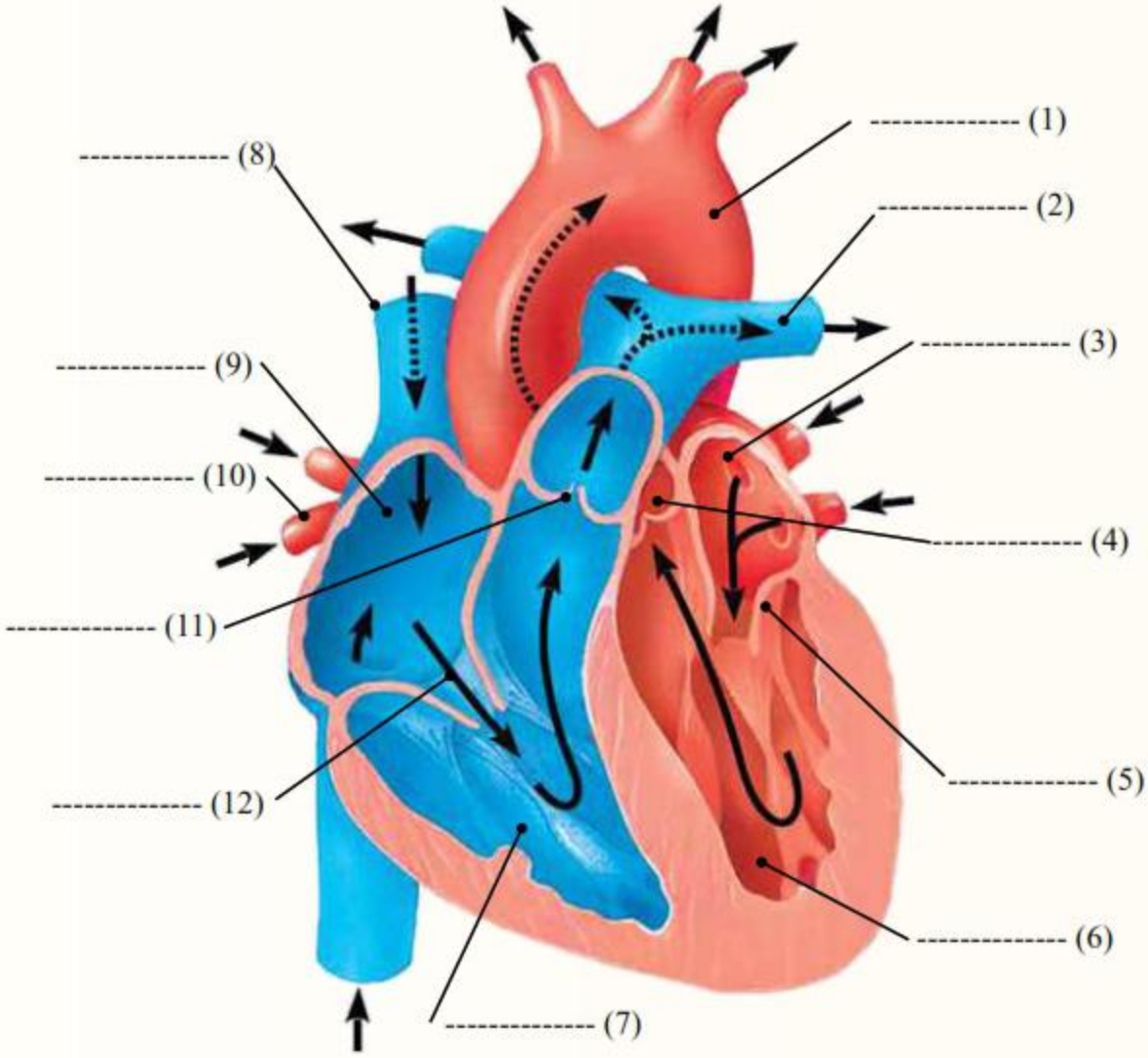


تطوَّرت صناعة الطابعات ثلاثية الأبعاد 3D Printers، وتعدَّدت استخداماتها في مجال الرعاية الصحية؛ إذ تتيح هذه التقنية إنتاج نماذج أولية لأدوات طبية جديدة، وصناعة الأطراف الصناعية بحسب الطلب من دون تأخير.

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

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.



الجهاز التنفُّسي: التركيب والوظيفة
The Respiratory System: Structure and Function

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.

المفاهيم والمصطلحات:

الهيموغلوبين Hemoglobin

الأوكسيهيموغلوبين Oxyhemoglobin

الضغط الجزئي للأكسجين Partial Pressure of Oxygen

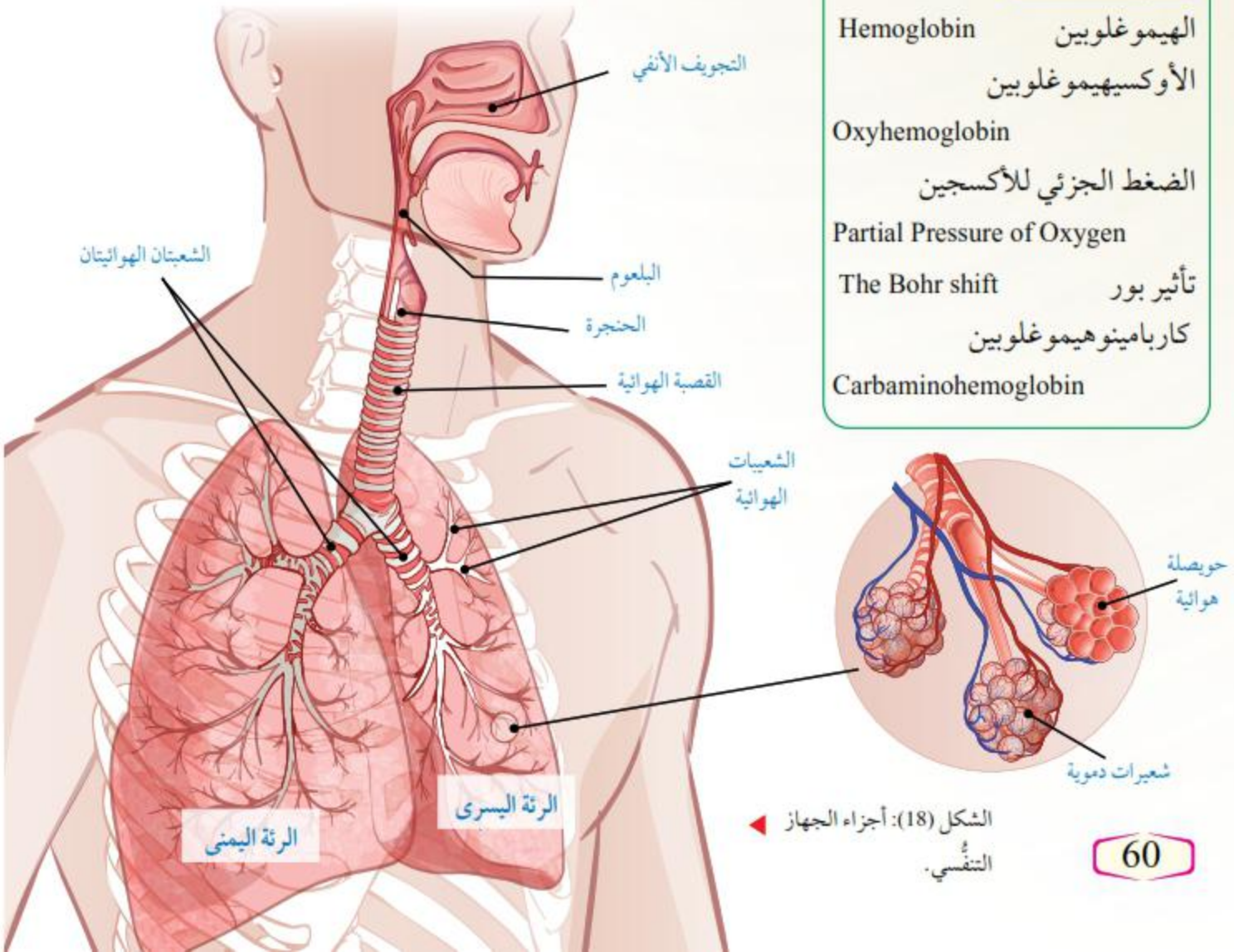
تأثير بور The Bohr shift

كاربامينوهيموغلوبين Carbaminohemoglobin

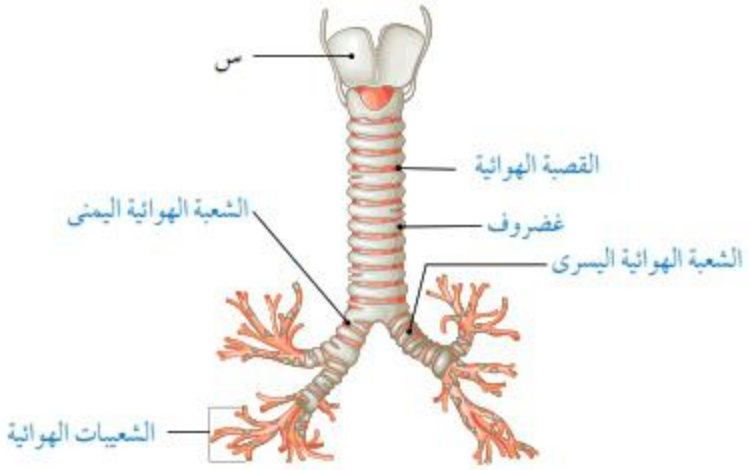
الجهاز التنفُّسي The Respiratory System

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.

ماذا يُسمّى الجزء المشار إليه بالحرف (س)؟

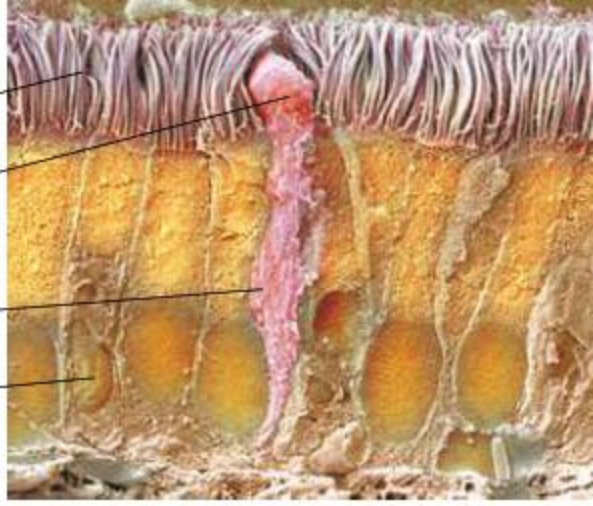
القصبة الهوائية والشعبتان الهوائيتان The Trachea and Bronchi

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 القصبة الهوائية والشعبتين الهوائيتين خلايا طلائية على سطحها أهداب Ciliated Epithelial Cells، تعمل مع المخاط الذي تُفرِزه 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 الجسيمات الغريبة،

الخلل في انقباض العضلات الملساء الموجودة في جدران الممرات الهوائية يؤدي إلى أمراض واختلالات في الجهاز التنفُّسي.
أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن الاختلالات التي يصاب بها الجهاز التنفُّسي نتيجة لذلك، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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



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

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.

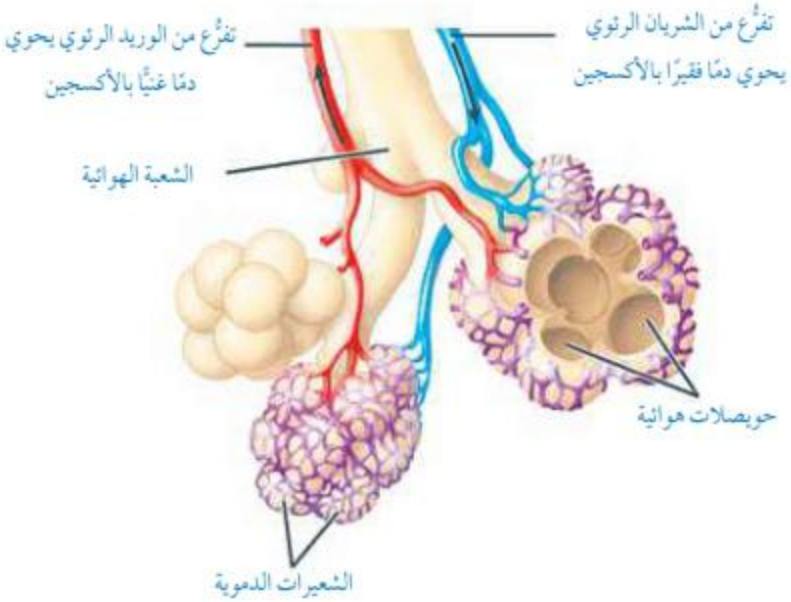
الحويصلات الهوائية Alveoli

تنتهي الشعيبات الهوائية بالحويصلات الهوائية Alveoli؛ 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؟

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 $= \frac{3}{4}\pi r^3$

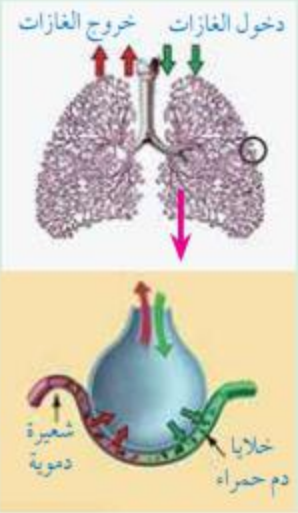
حيث r نصف القُطْر.

الربط بالتكنولوجيا

تصميم جهاز يحاكي عمل الرئة لإنتاج وقود من الماء

تمكَّن فريق من الباحثين 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 هؤلاء الباحثون 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.

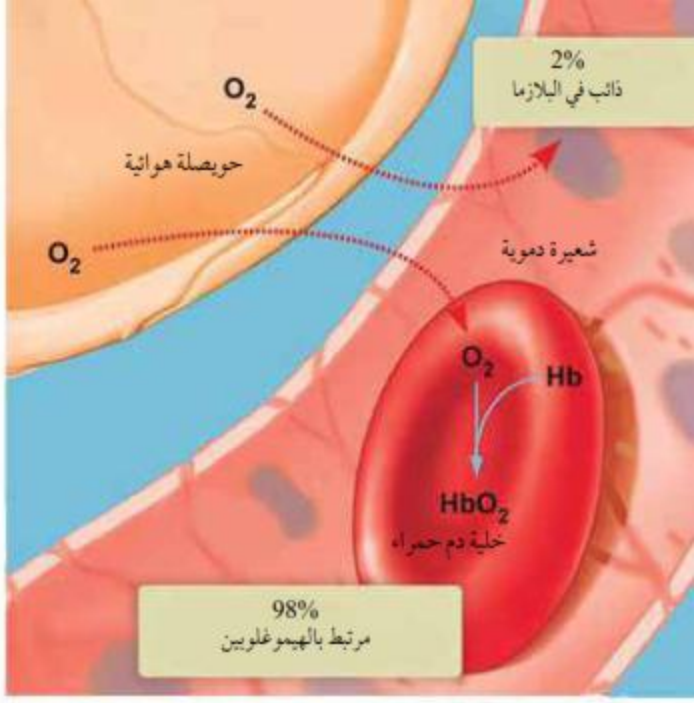


أفكر عندما يصل الهواء إلى الرئتين في أثناء الشهيق فإنَّه يصبح دافئًا. ما أثر ذلك في سرعة انتشاره في أثناء تبادل الغازات؟

يتعرَّض الجسم لتغيُّرات في أثناء عمليتي الزفير والشهيق، تُسمّى الحركات التنفُّسية. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن هذه التغيُّرات، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عنها باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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

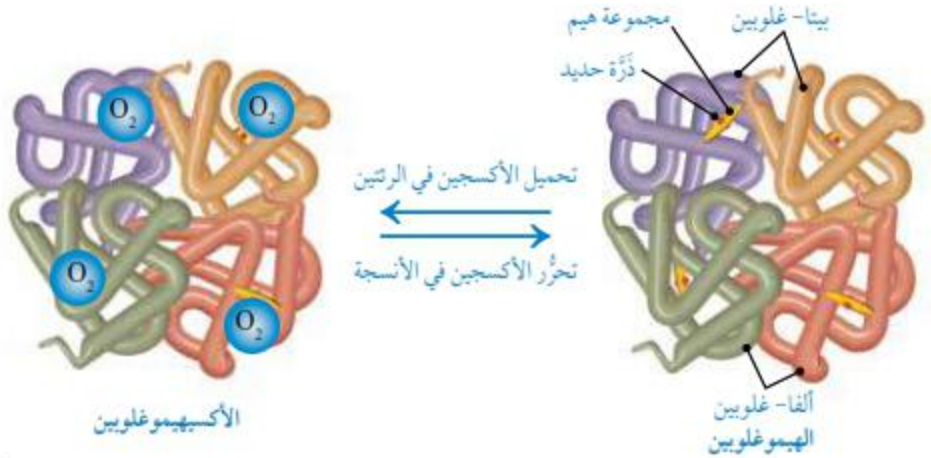
ينتقل الأكسجين في الدم وهو ذائب في البلازما بما نسبته 2% فقط، في حين ينتقل معظمه عن طريق الهيموغلوبين، أنظر الشكل (22).

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).

أفكر تحتوي كل خلية دم حمراء على نحو 2.4×10^8 جزيء من الهيموغلوبين.
إذا حوى جسم أحد الأشخاص 6.5×10^6 من خلايا الدم الحمراء لكل mm^3 من الدم، فما عدد جزيئات الهيموغلوبين في $1\ mm^3$ من دمه؟



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.

توجد أنواع عِدَّة من الهيموغلوبين.
أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن تركيب هذه الأنواع، وقدرة كلٍّ منها على نقل الأكسجين، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عنها باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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:

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

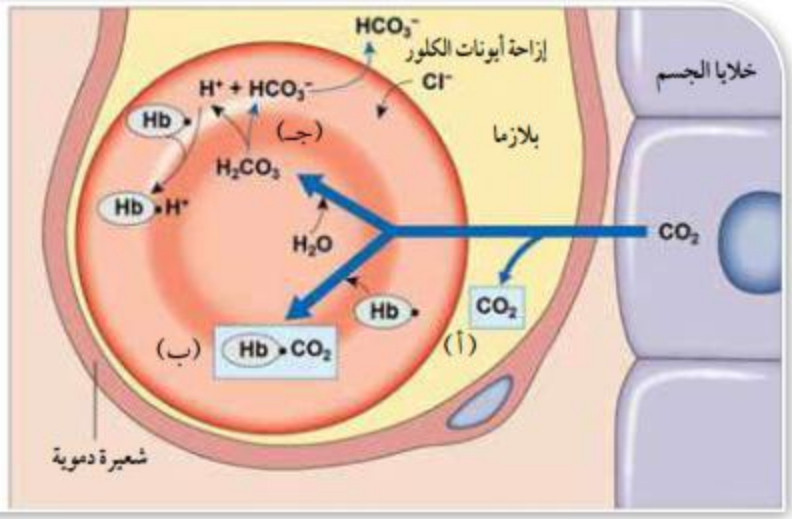
بعد ذلك يتفكَّك حمض الكربونيك H_2CO_3، وينتج من هذا التفكُّك أيونات الهيدروجين H^+، وأيونات الكربونات الهيدروجينية HCO_3^- كما في المعادلة الآتية:

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

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

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.

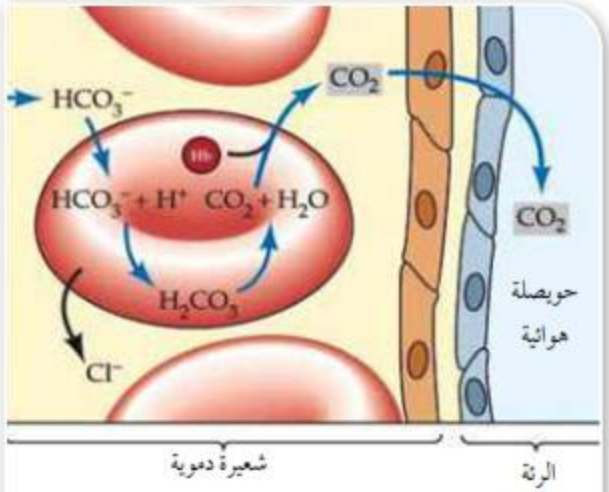
من ضررها، وبذلك يعمل الهيموغلوبين بوصفه مُنظِّمًا؛ إذ يحافظ على بقاء الرقم الهيدروجيني pH في خلايا الدم الحمراء ثابتًا نسبيًّا نتيجة ارتباط أيونات الهيدروجين به مُكوِّنًا حمض الهيموغلوبينيك Haemoglobinic Acid (HHb):

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

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).

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

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).



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

نشاط

تركيب الرئتين

المواد والأدوات:

رئتا خروف متصلتان بالقصبة الهوائية، صينية تشريح، مقص، قفافيز، 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. **ألاحِظ** شكل الرئتين، ومظهرهما، ولونهما.
2. أقدِّر حجم الرئتين باستخدام المسطرة.
3. **ألاحِظ** القصبة الهوائية، وأتفحَّصها، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.
4. أتفحَّص الأنابيب التي تدخل الرئتين، مُلاحِظًا كيف تنقسم.
5. **ألاحِظ** 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. **أجرِّب:** أقطع جزءًا من أنسجة الرئة، وألاحِظ تركيب النسيج المقطوع، ثم أُسقِطه في كأس فيها ماء، **وألاحِظ** التغيُّرات التي تطرأ عليه.

التحليل والاستنتاج:

1. أصِف 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؟

الربط بالتكنولوجيا

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 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 في غرفة التحكُّم بعيدًا عن مكان إجراء العملية.

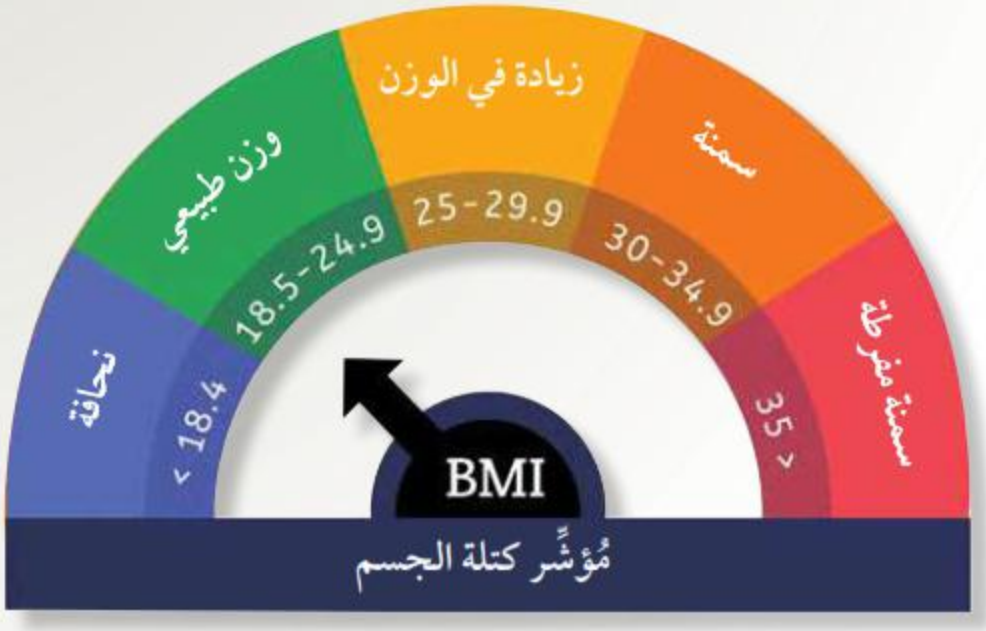
مراجعة الدرس

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.

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.



أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن طرائق وتقنيات أُخرى للحدِّ من السمنة باستخدام التكنولوجيا، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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 في أثناء طرح الفضلات.

2. الغُدَّة التي تُفرز 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 الدم 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 يُمكنها أن 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.

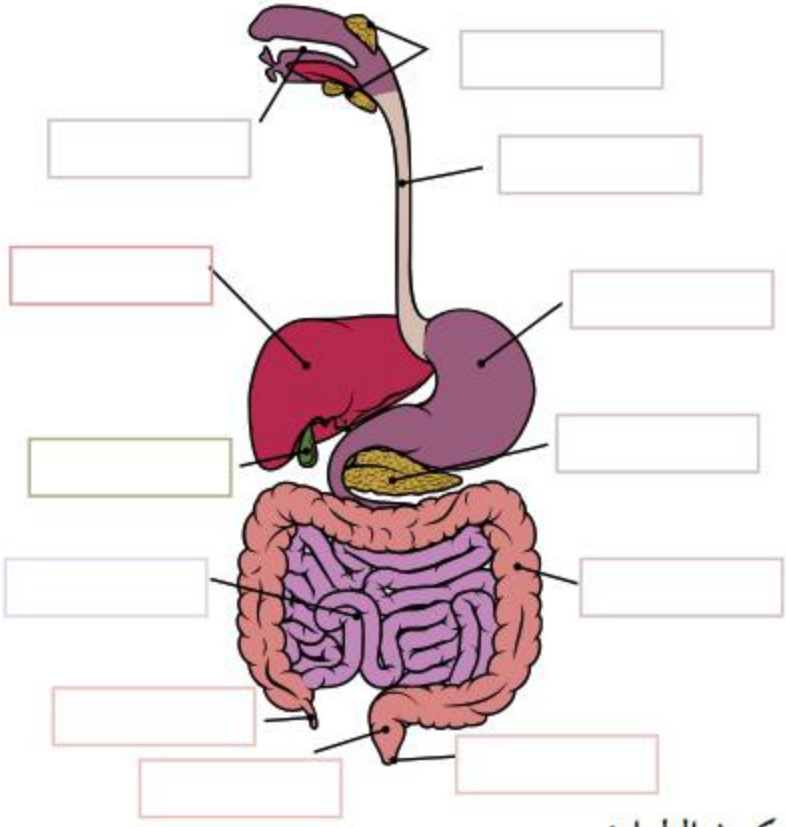
د. الخلايا اللمفية.

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:

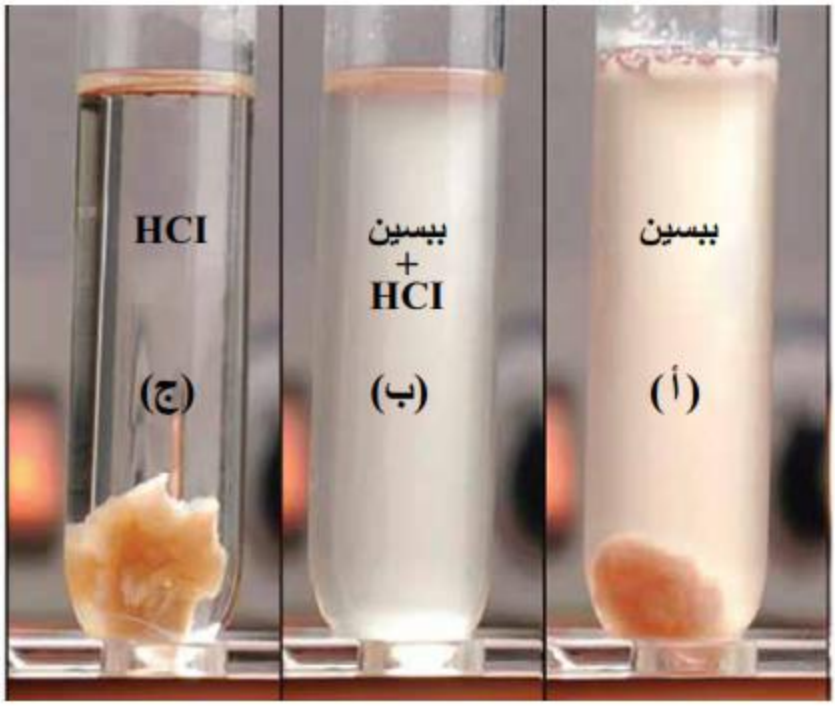
- ..... (12 - 24) h
- ..... (5) h
- ..... (1 - 5) h
- ..... (10) s

1. أكتب في المربع المجاور لكل عضو دوره في عملية الهضم، ومدَّة بقاء الطعام فيه.
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 للبالغين 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 3

الإخراج والتكاثر

Excretion and Reproduction

قال تعالى:

﴿وَٱللَّهُ أَخۡرَجَكُم مِّنۢ بُطُونِ أُمَّهَٰتِكُمۡ لَا تَعۡلَمُونَ شَيۡـٔٗا وَجَعَلَ لَكُمُ ٱلسَّمۡعَ وَٱلۡأَبۡصَٰرَ وَٱلۡأَفۡـِٔدَةَ ۙ لَعَلَّكُمۡ تَشۡكُرُونَ ٧٨﴾ (سورة النحل، الآية 78).

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.

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.

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، قفافيز.

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، مُلاحِظًا 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.

جهاز الإخراج: التركيب والوظيفة

Excretion System: Structure and Function

الدرس 1

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.

المفاهيم والمصطلحات:

التنظيم الأسموزي Osmoregulation

النفرون Nephron

الترشيح الكبيبي Glomerular Filtration

إعادة الامتصاص Reabsorption

الإفراز الأنبوبي Tubular Secretion

أتحقَّق: أذكر أسماء أعضاء الإخراج، مُبيِّنًا دور كلٍّ منها في إخراج الفضلات من 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 للدم Osmoregulation**، 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.

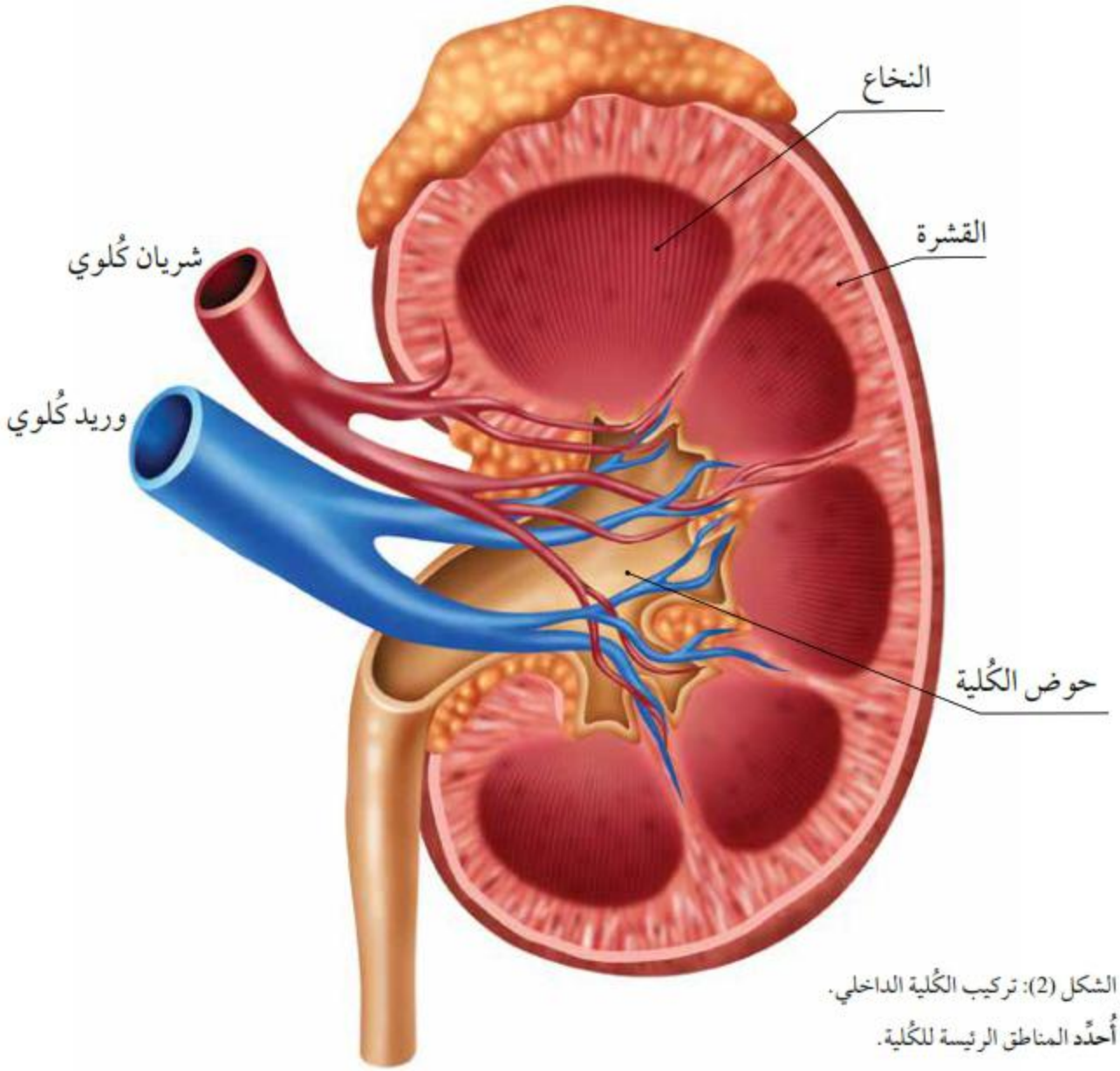
الشكل (1): أعضاء جهاز الإخراج في جسم الإنسان.

تركيب الكُلية الداخلي Internal Structure of the Kidney

تحوي الكُلية من الداخل ثلاث مناطق رئيسة، هي: المنطقة الخارجية التي تُسمّى القشرة Cortex، والمنطقة الوسطى التي تُسمّى النخاع Medulla، والمنطقة التي تقع في عمق الكُلية، وتُسمّى حوض الكُلية Pelvis، ويتجمَّع فيها البول الذي تُكوِّنه الكُلية.

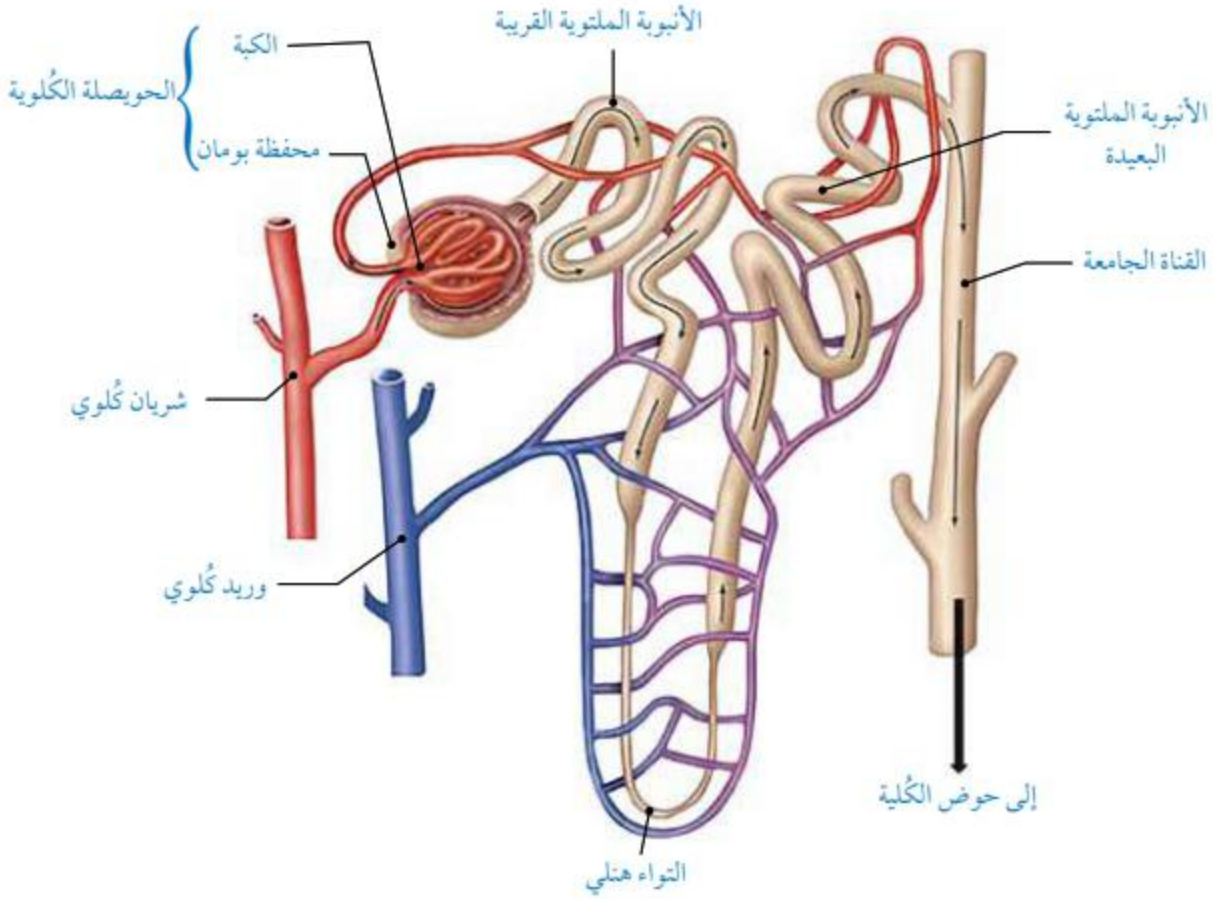
يصل الدم إلى الكُلية عن طريق الشريان الكُلوي المُتفرِّع من الشريان الأبهر، ثم يخرج منها عن طريق الوريد الكُلوي، أنظر الشكل (2).

تحتوي كل كُلية على نحو مليون وحدة أنبوبية كُلوية، تُسمّى **النفرونات Nephrons**، وتعمل الوحدات الأنبوبية الكُلوية بوصفها وحدة واحدة.



الشكل (2): تركيب الكُلية الداخلي.

أُحدِّد المناطق الرئيسة للكُلية.



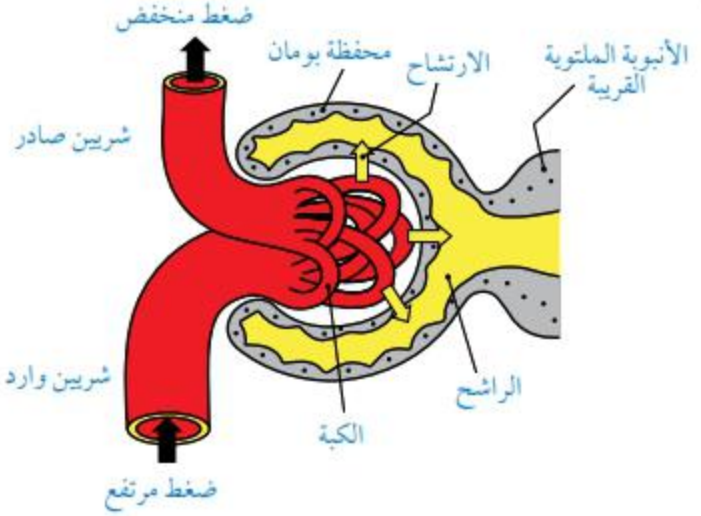
الشكل (3): تركيب الوحدة الأنبوبية الكُلوية.

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 الملتويـة البعيدة. ويرى بعض العلماء أنَّ القناة الجامعـة 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).

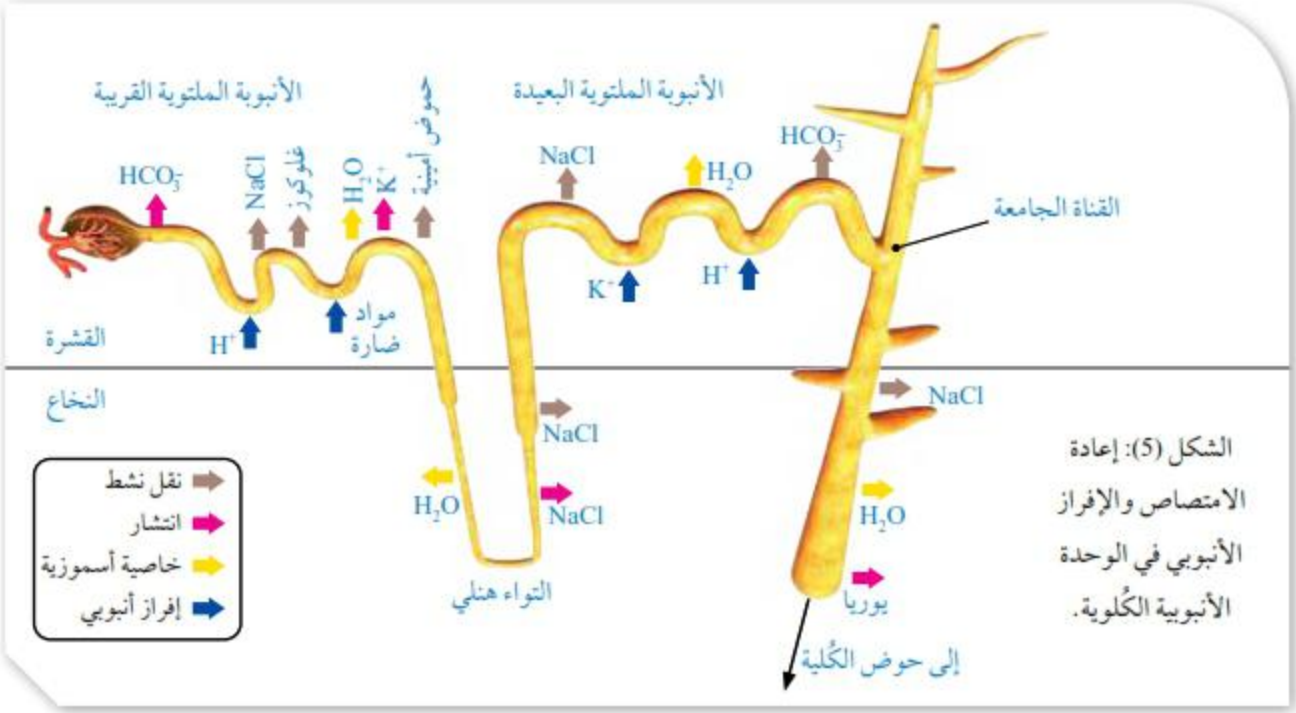
تكوُّن البول في الكُليتين Urine Formation in the Kidneys

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. و يُطلَق 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.

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

أبحث: يعمل الإفراز الأنبوبي على تنظيم درجة حموضة الدم عن طريق ما يُسمّى التوازن الحمضي القاعدي. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن تفاصيل هذه العملية، ثم أكتب تقريرًا عنها، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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.

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:** ما التغيُّرات التي تحدث على الراشح في أثناء مروره في بقية أجزاء الوحدة الأنبوبية الكُلوية؟

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن سبب حدوث معظم عملية إعادة امتصاص المواد في الأنبوبة الملتوية القريبة، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

نشاط

نموذج وحدة أنبوبية كُلوية

المواد والأدوات: سلك قابل للثني طوله 1.5 m، زرّادية، مقص، خيط صوف أحمر طوله 2 m.

إرشادات السلامة: استعمال الزرّادية بحذر.

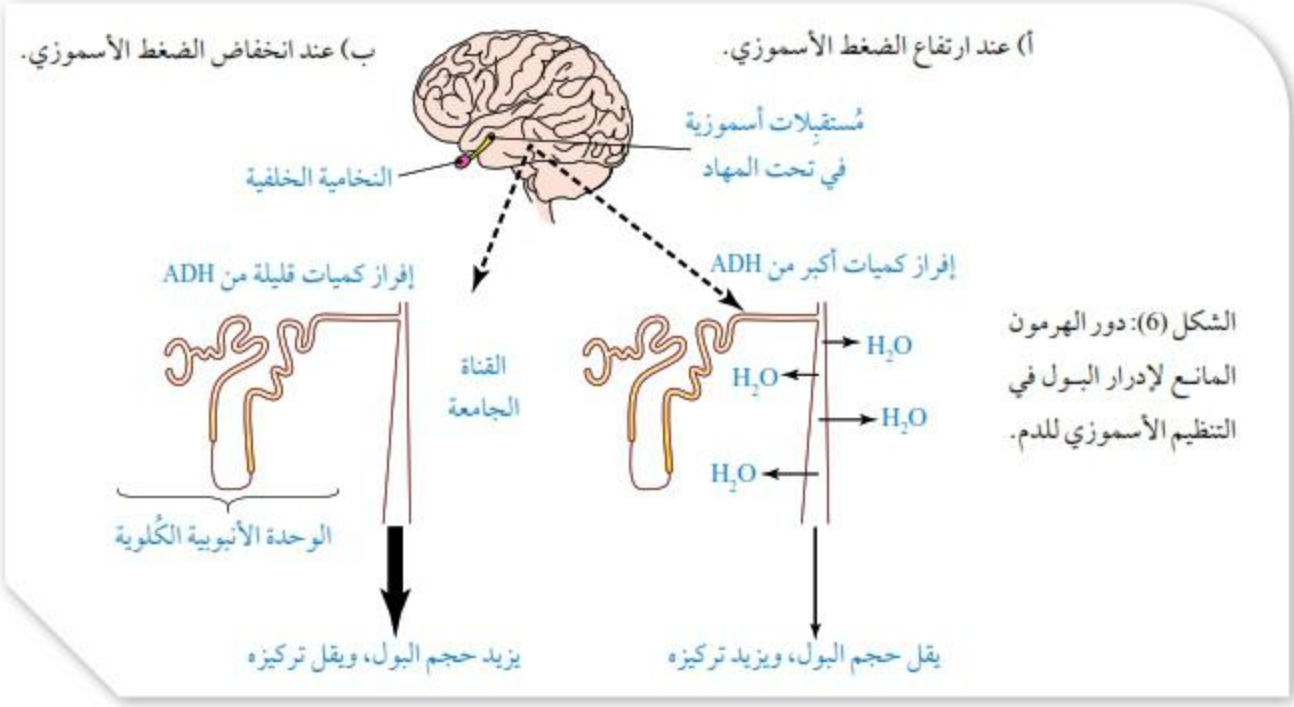
خطوات العمل:

أُصمّم نموذجًا:

1. أستخدم الزرّادية لقص 30 cm من السلك.
2. أثني السلك المقصوص من المنتصف، ثم أُشكّل منه قطعة مزدوجة على هيئة كأس جوفاء.
3. 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 كوّنته، 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. أُحدّد أجزاء الوحدة الأنبوبية الكُلوية التي تحدث فيها عملية إعادة الامتصاص.
4. **أتوقَّع:** إذا لم تحدث عملية إعادة 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 ADH Antidiuretic Hormone

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، ويُتخلَّص من الماء الزائد؛ فيزيد حجم البول.

أفكر 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.

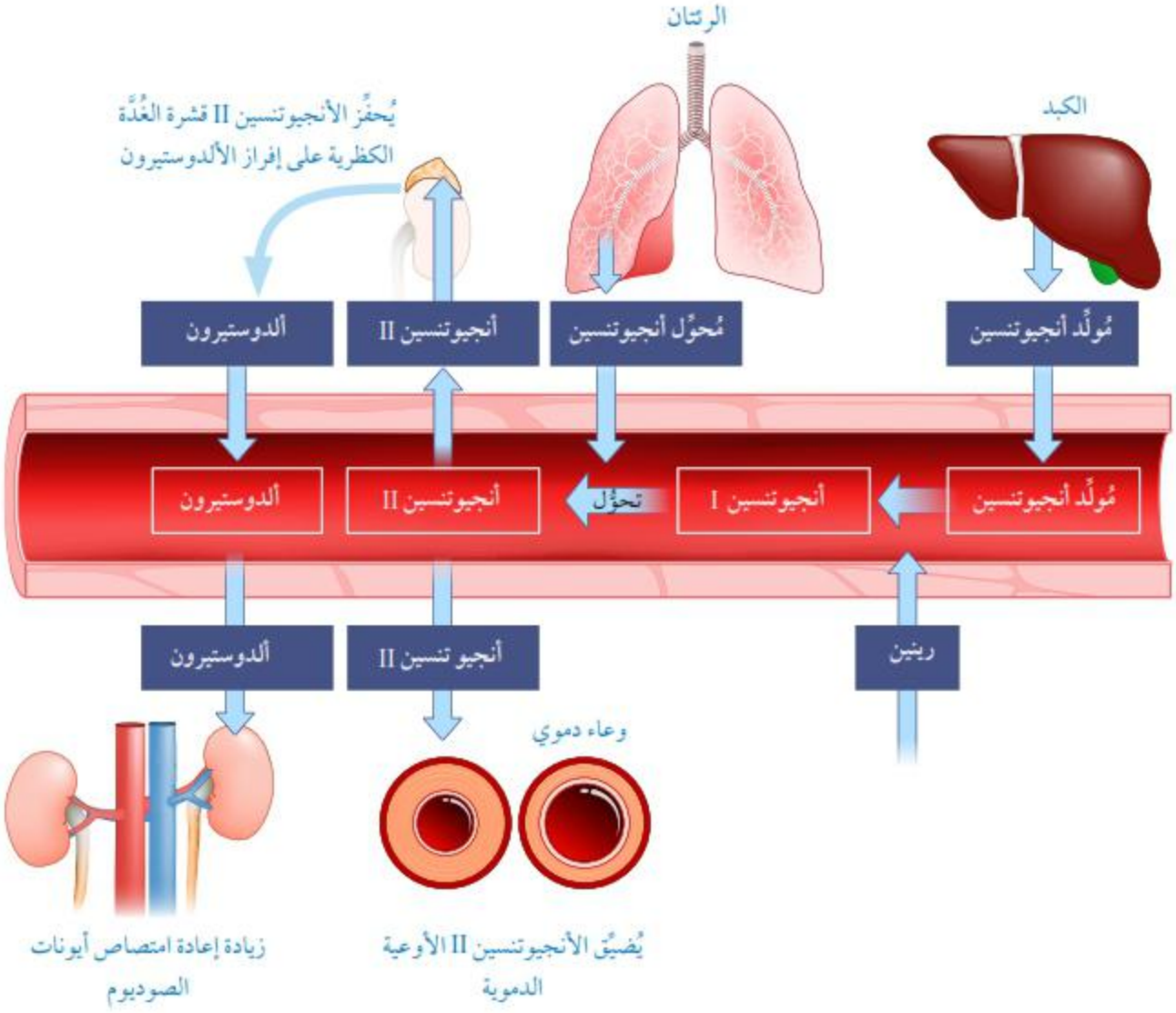
نظام رينين- أنجيوتنسين- ألدوستيرون
Renin–Angiotensin–Aldosterone System

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

يـؤدي انخفاض حجـم الدم الوارد إلـى الكُليتين (بعـد فقدان الدم عنـد حـدوث نزيـف مثـلًا) إلى انخفـاض ضغطـه؛ مـا يُحفِّـز الخلايا قـرب الكبيبيـة (خلايـا مُتخصِّصـة فـي جـدران الشـريين الـوارد إلـى الكُليـة) علـى إفـراز إنزيـم رينيـن Renin إلـى الـدم مباشـرة. ثـم يبدأ الرينيـن الموجـود فـي بلازمـا الـدم سلسـلة مـن التفاعـلات لإنتـاج الأنجيوتنسـين II، أنظـر الشـكل (7).

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

أُوضِّح تأثير الأنجيوتنسين II في 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 في 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 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.

أبحث: قد تتعرَّض الغُدَّة النخامية الخلفية لخلل يُفقِدها القدرة على إنتاج الهرمون المانع لإدرار البول ADH، عندئذٍ تُشخَّص حالة المريض بأنَّها داء السكري الكاذب Diabetes Insipidus. وفيها يُصاب المريض بأعراض مَرَضية تُشبِه أعراض مرض السكري الحقيقي Diabetes Milletus. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أعراض هذا المرض، وطرائق تشخيصه، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أبحث: قد ينخفض أداء إحدى الكُليتين أو كِلتيهما نتيجة حادث أو إصابة ببعض الأمراض، فيلجأ المرضى إلى غسيل الكُلى. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن طرائق غسيل الكُلى، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عنها باستخدام برنامج Power Point، ثم أعرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

أفكر 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.

اختبر المهندسون 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، لا سيَّما في ظلِّ انخفاض أعداد المُتبرِّعين.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ما أعضاء جهاز الإخراج؟
2. أُحدِّد المفهوم الذي لا ينسجم مع بقية المفاهيم في ما يأتي، مُفسِّرًا 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:

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

الأجهزة التناسلية: التركيب والوظيفة
Reproductive Systems: Structure and Function

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.

المفاهيم والمصطلحات:

كيس الصفن	Scrotum
البربخ	Epididymis
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

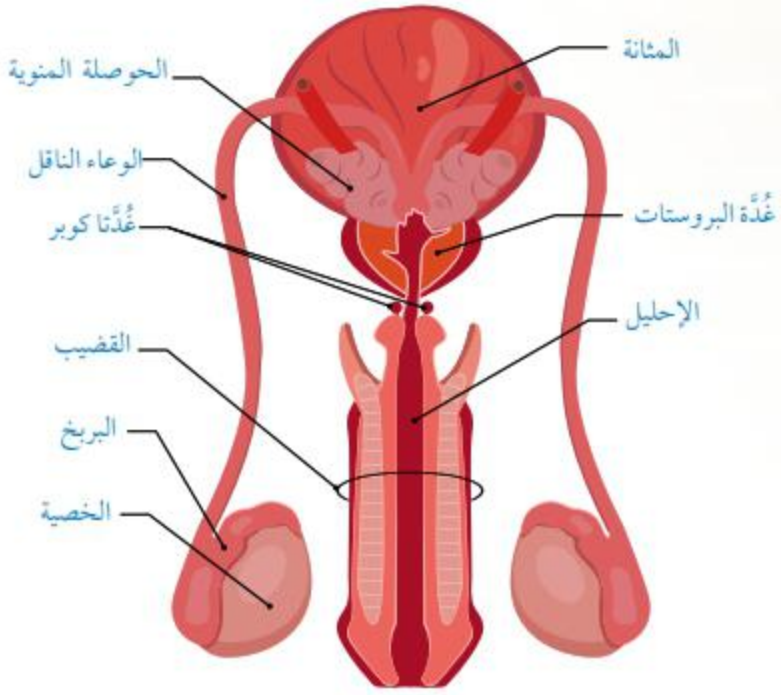
الأجهزة التناسلية Reproductive Systems

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، أنظر الشكل (8).



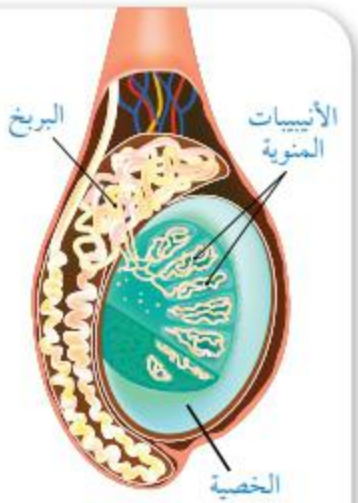
الشكل (8): الجهاز التناسلي الذكري عند الإنسان.

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 الحيوانات 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.

افكر 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

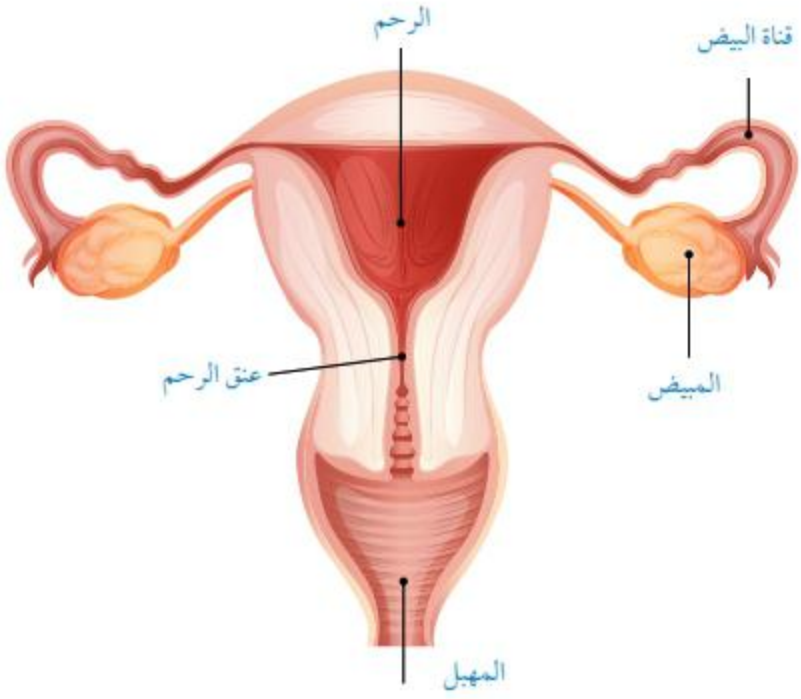
الجهاز التناسلي الأنثوي هو المسؤول عن إنتاج البويضات، والهرمونات الجنسية الأنثوية، مثل: الإستروجين Estrogen، والبروجسترون Progesterone، فضلًا عن تهيئة المكان المناسب للإخصاب، ونمو الجنين وتغذيته حتى الولادة.

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.



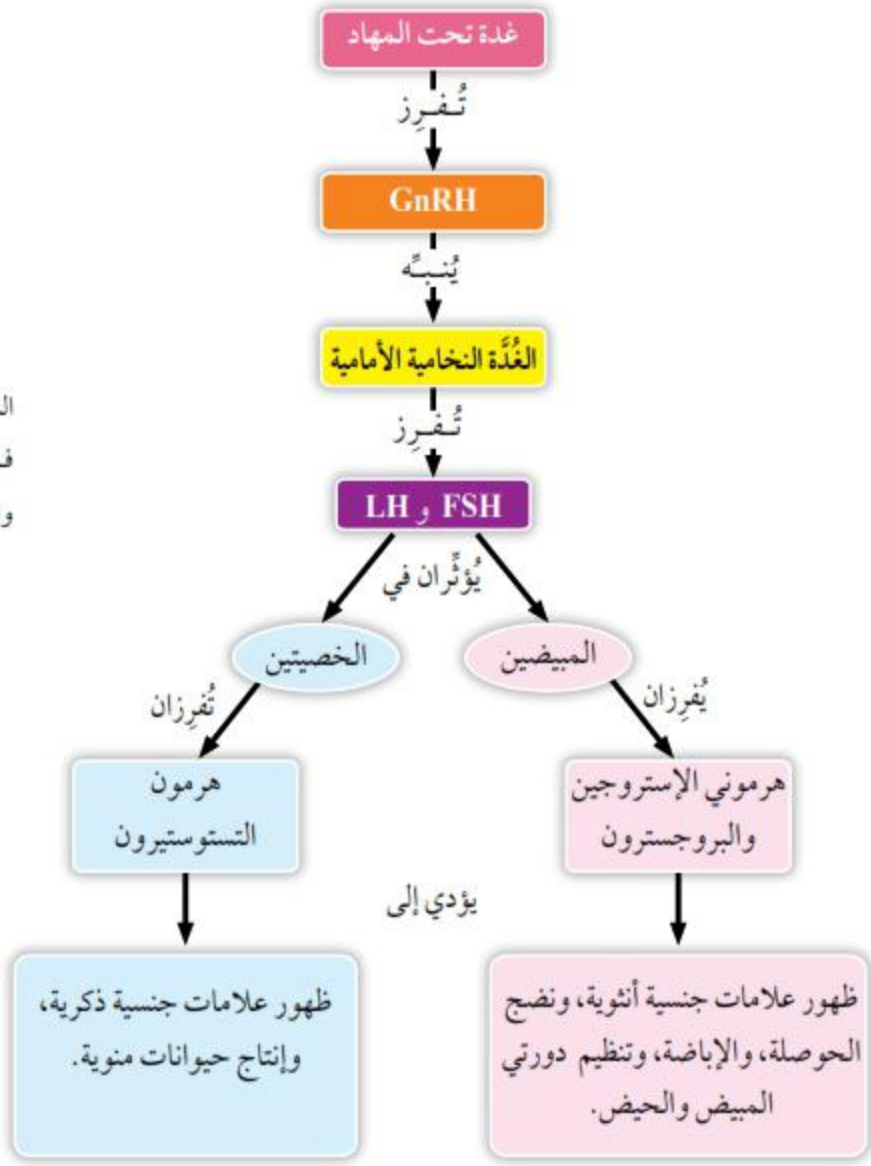
الشكل (11): الجهاز التناسلي الأنثوي.

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.

تكوين الجاميتات Gametogenesis

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

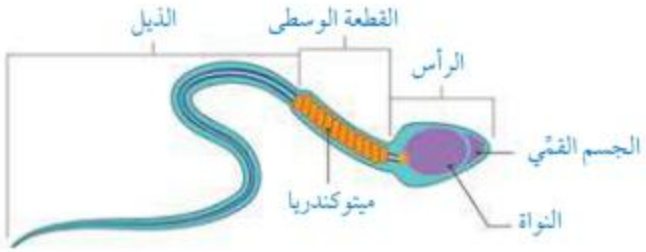
تكوُّن الحيوانات المنوية Spermatogenesis

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 الحيوانات المنوية في الأنيبيبات المنوية. ثم تبدأ الخلايا التناسلية الأولية Primordial Germ Cell (خلايا جذعية تناسلية) بالانقسام انقسامات متساوية عِدَّة، فتتحوَّل إلى خلايا منوية أُمّ، 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 الأُمّ، والحيوانات المنوية.



الشكل (13/ ب): تركيب الحيوان المنوي.

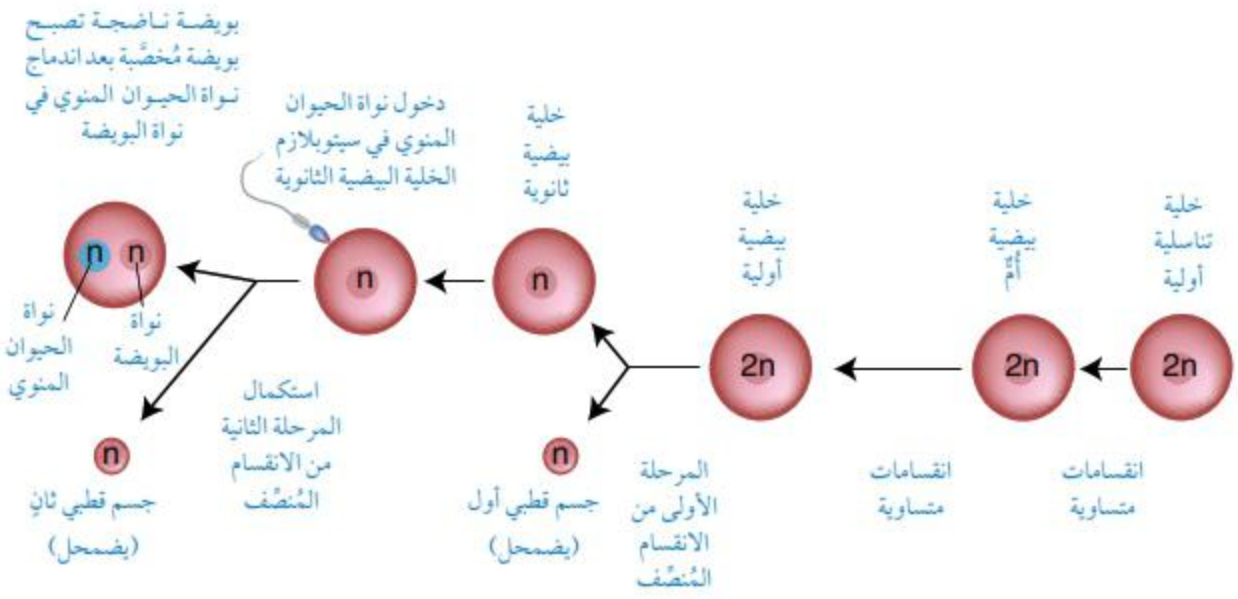
يحتوي الرأس على النواة، وتحتوي مُقدِّمة الرأس على جسم يُسمّى الجسم القمّي Acrosome الذي يُفرِز إنزيمات هاضمة تساعد على اختراق الطبقات المحيطة بالخلية البيضية الثانوية لحدوث الإخصاب. أمّا القطعة الوسطى فتحوي أعدادًا كبيرة من الميتوكندريا التي تمدُّ الحيوان المنوي بالطاقة اللازمة للحركة، في حين يساعد الذيل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

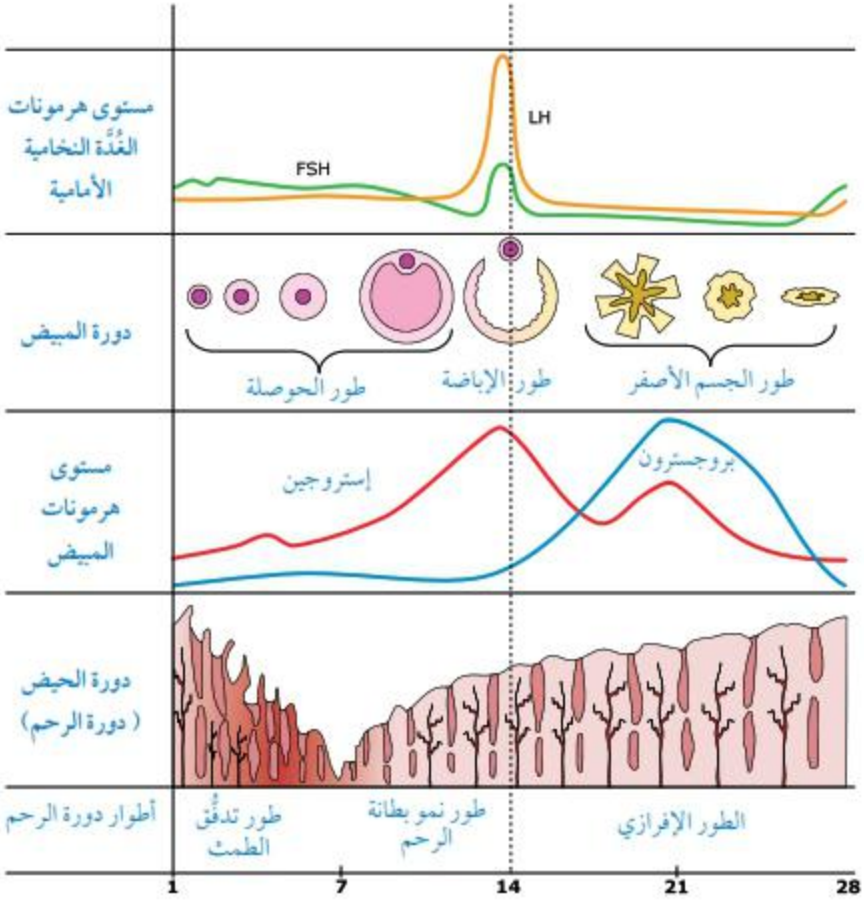
التغيُّرات الشهرية في نشاط الجهاز التناسلي الأنثوي
Periodic Changes in Female Reproductive System

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.

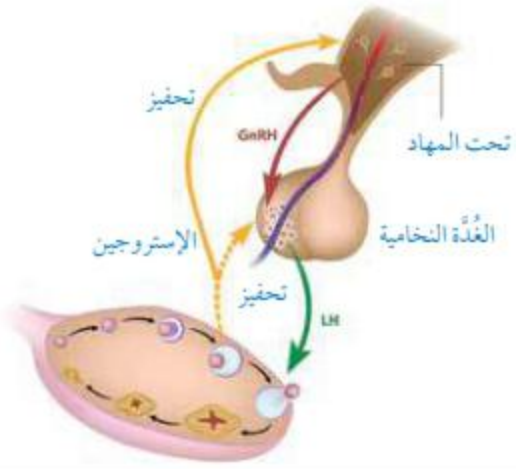
طور الحوصلة Follicular Phase

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 (12-14) 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.

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؟

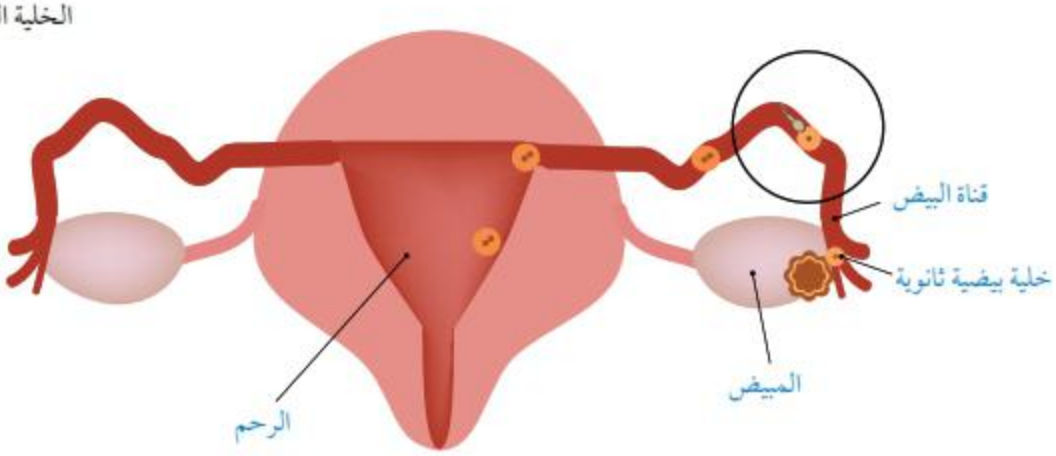
ب. أُوضِّح تأثير زيادة إفراز هرمونات الغُدَّة النخامية في هذه الأيام في دورة المبيض.

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؟

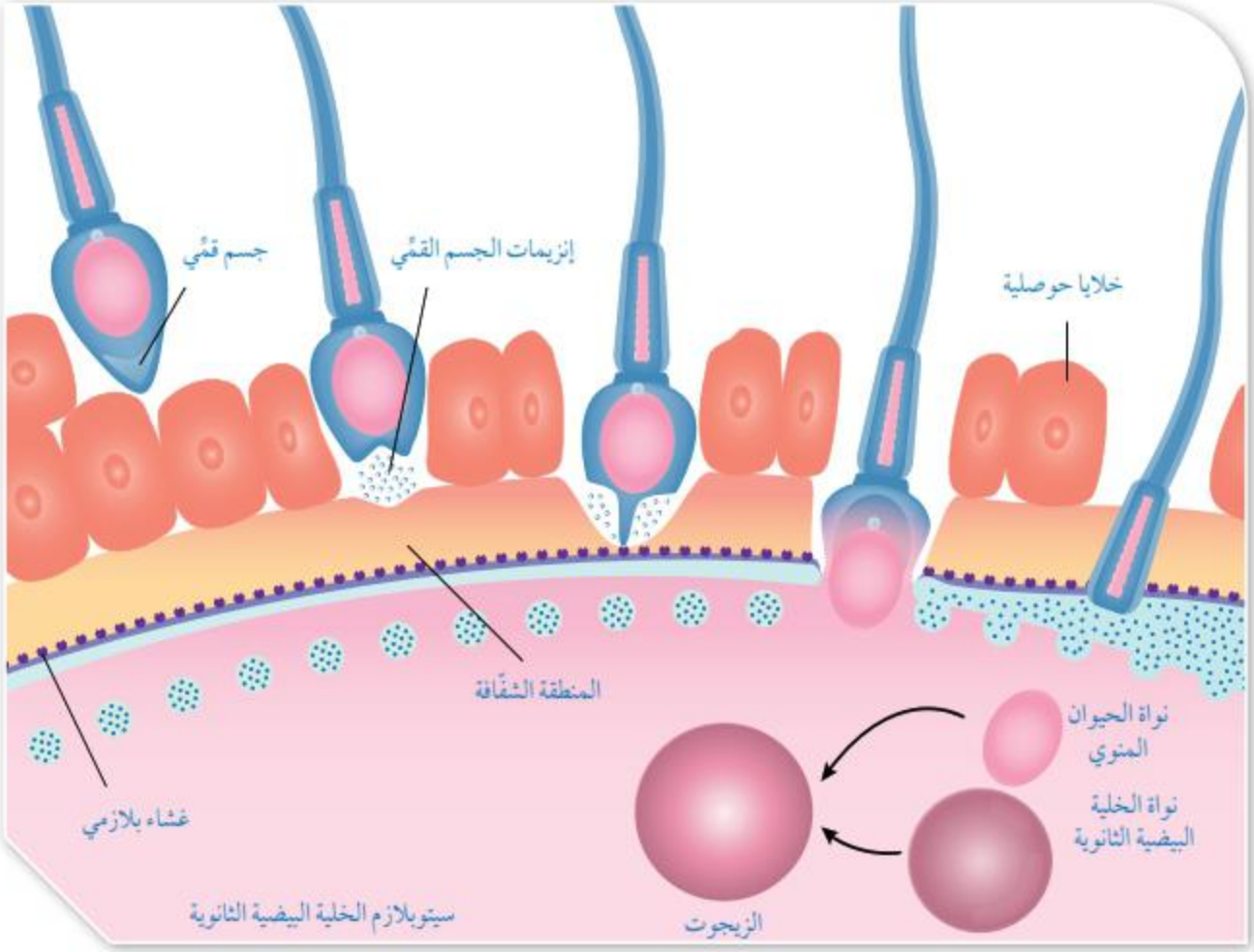


الإخصاب Fertilization

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).

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

أبحث: قد يتطوَّر أكثر من جنين في الحمل الواحد، وينتج توأم أو أكثر بصورة طبيعية بما نسبته (% 2-1) من الحالات. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن حالات ولادة التوائم، ثم أكتب تقريرًا عنها، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.



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.

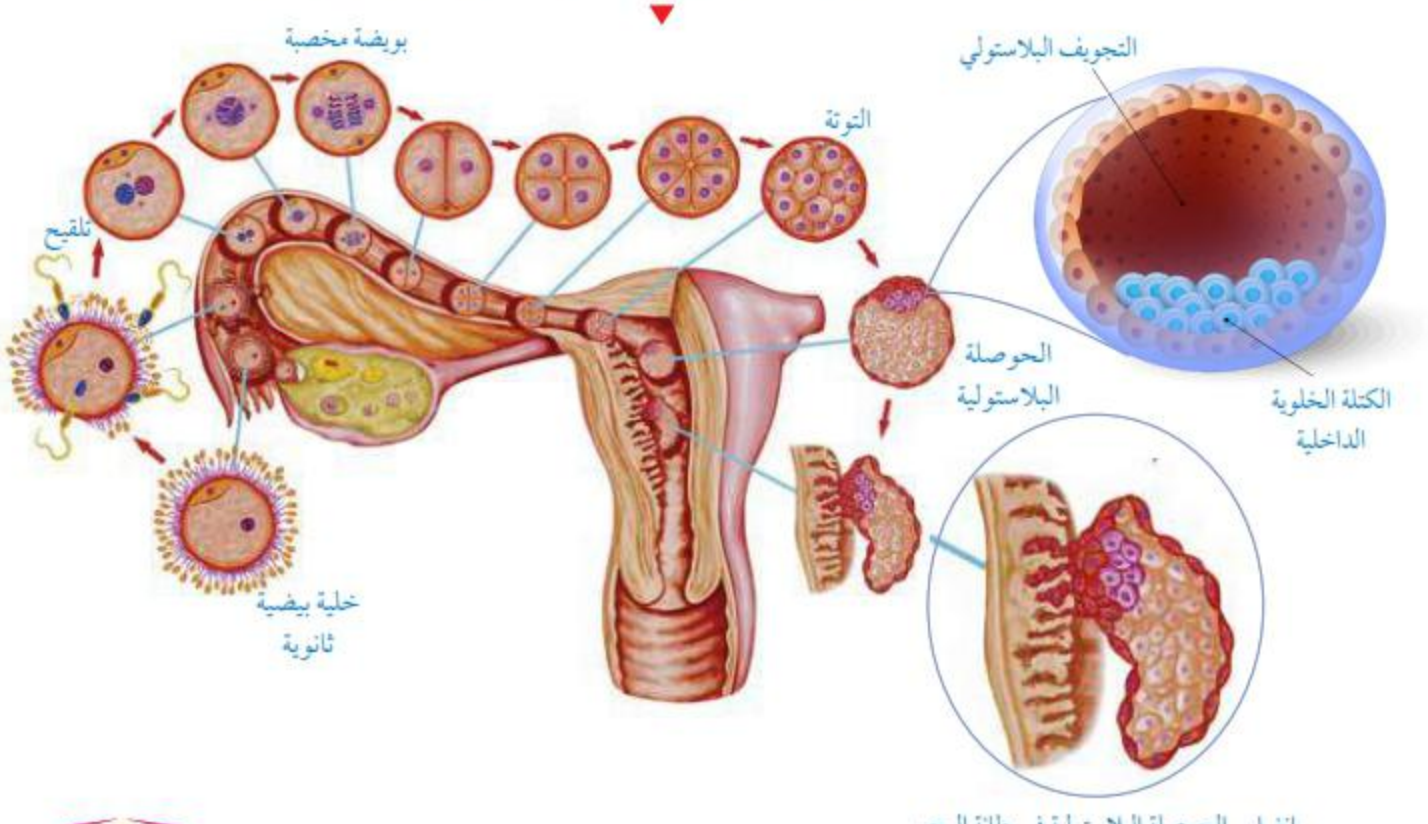
إنَّ دخول نواة الحيوان المنوي سيتوبلازم الخلية البيضية الثانوية يُحفِّز إكمالها المرحلة الثانية من الانقسام المُنصِّف، ثم تندمج نواتا الحيوان المنوي والخلية البيضية الثانوية أحاديتا المجموعة الكروموسومية، ويؤدي اندماجهما إلى تكوين البويضة المُخصَّبة، أو الزيجوت Zygote (2n) بعد نحو ساعة من عملية الإخصاب.

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.



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 لحماية الجنين 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 الأُمّ، ويُسمّى **المشيمة Placenta**. وفي نهاية هذه المرحلة، يستطيع الجنين تحريك أطراف جسمه.

الثلث الثاني من الحمل Second Trimester

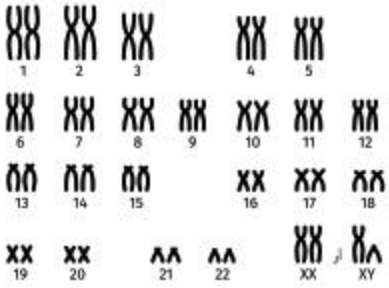
في هذه المرحلة، يصبح الجنين أكثر نشاطًا، وقد تشعر أُمُّه بحركته، ويبدأ بتكوين البول ثم إخراجه إلى السائل الرهلي، ويُمكِنه أنْ يمصَّ إبهامه.

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.



الربط بالطب والتكنولوجيا

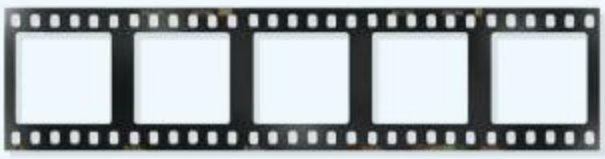
تشخيص اختلالات الجنين الوراثية

يستفاد من التطوُّر التكنولوجي في تشخيص الاختلالات الوراثية لدى الأَجِنَّة في حال وجود خطر مُحتمَل بخصوص تطوُّر نمو الجنين، وذلك بأخذ عيِّنات من أغشية الجنين وخلاياه؛ لعمل مُخطَّط كروموسومي لها، ثم مقارنته بمُخطَّط طبيعي (الشكل المجاور)؛ لتحديد أيِّ خلل وراثي يعانيه الجنين (إنْ وُجِد).

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، أو من شبكة الإنترنت) لجنين في مراحل مختلفة، قائمة تضم أجزاء الجسم التي يُمكِن مشاهدتها في أشهر الحمل المختلفة.



خطوات العمل:

1. 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. أصِف 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).

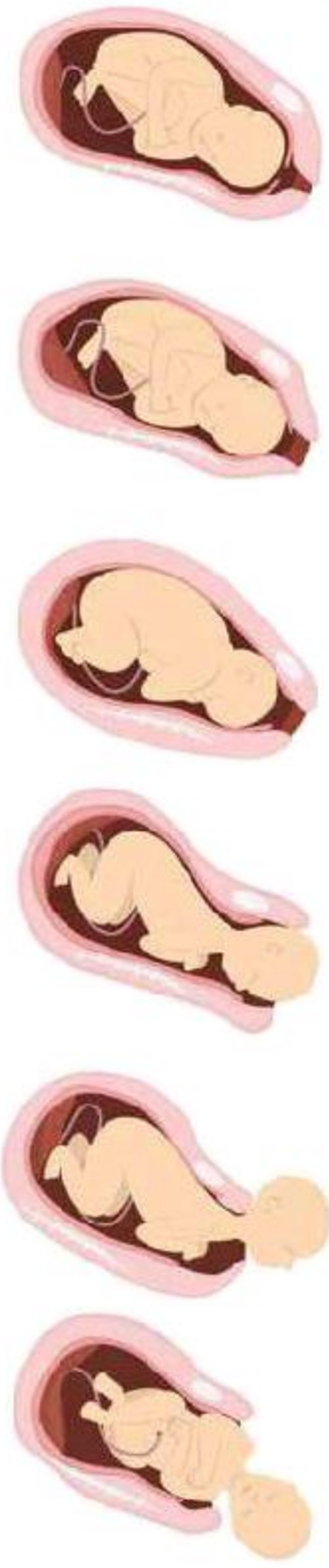
بعد الولادة مباشرة يظل الجنين متصلًا بالمشيمة عن طريق الحبل السري، فيربط الطبيب هذا الحبل، ثم يقطعه، أنظر الشكل (23).

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

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

أبحث: يُستخدَم في عملية الولادة أحيانًا ما يُسمّى الطَّلْق الصناعي الذي يُحفِّز على انقباض الرحم وبدء المخاض عند بعض النساء الحوامل. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن تركيب مادة الطَّلْق الصناعي، وآلية عملها، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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.

أبحث: بالرغم من الفوائد المُثبَتة علميًّا للرضاعة الطبيعية، فإنَّ بعض الأُمَّهات يلجأن إلى إعطاء أطفالهن الحليب المُجفَّف. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أسباب ذلك، مُبيِّنًا الإيجابيات والسلبيات للرضاعة الطبيعية والرضاعة الصناعية، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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

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 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

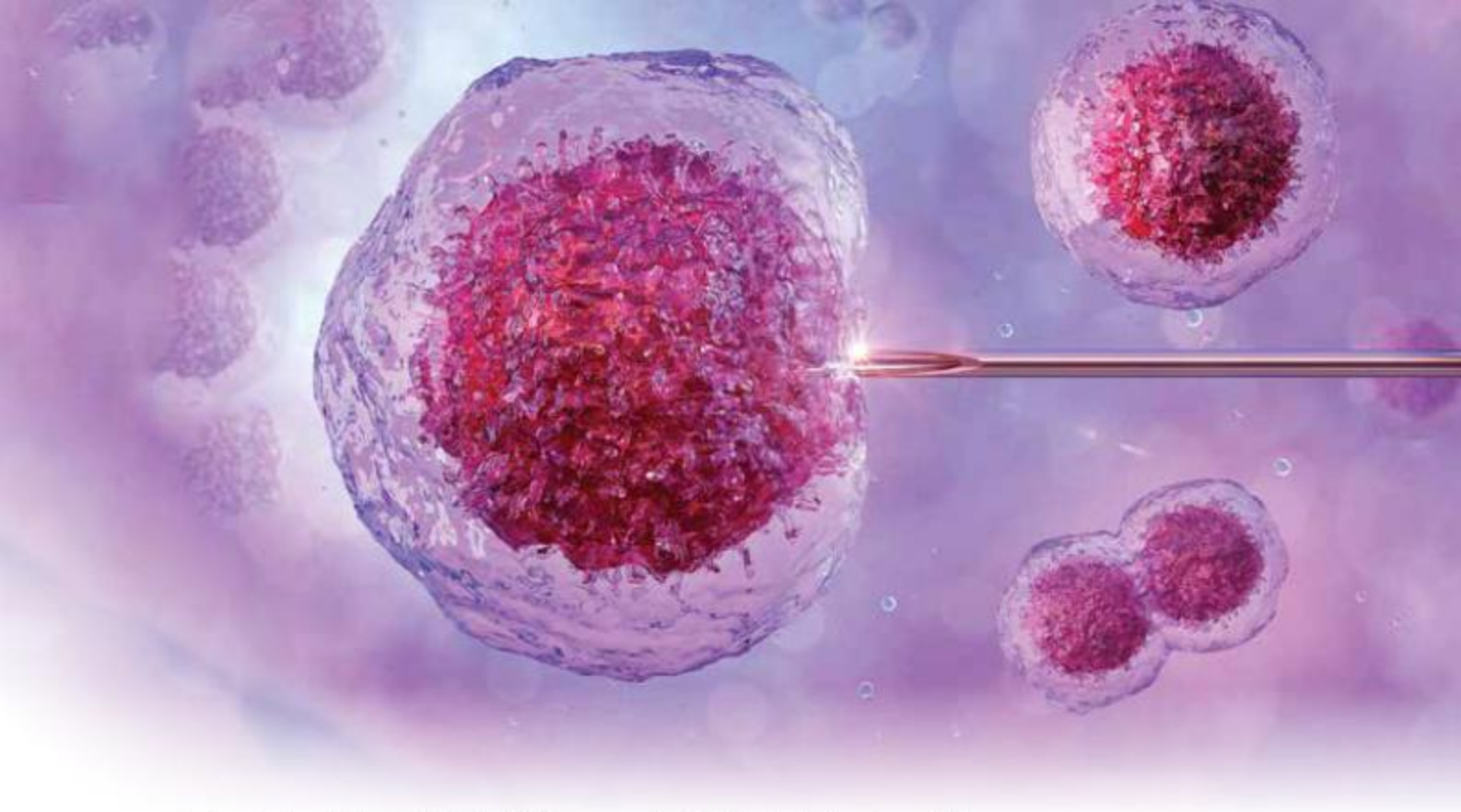
نظرًا إلى التقدُّم العلمي الذي يشهده العالَم اليوم في المجال الطبي والتكنولوجي؛ فقد أسهمت تقنيات المساعدة على الإخصاب في تشخيص كثير من حالات العقم ومعالجتها.

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:

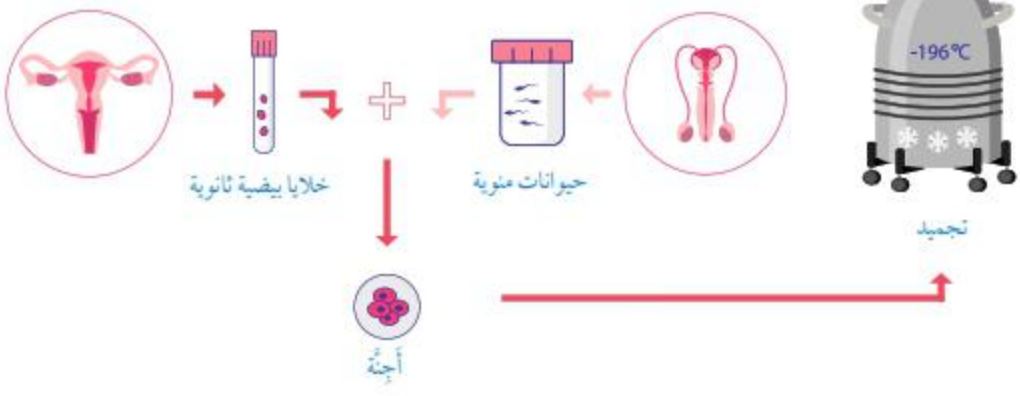
أ . لماذا تُختار حيوانات منوية مُعيَّنة في تقنية الإخصاب الخارجي؟

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.

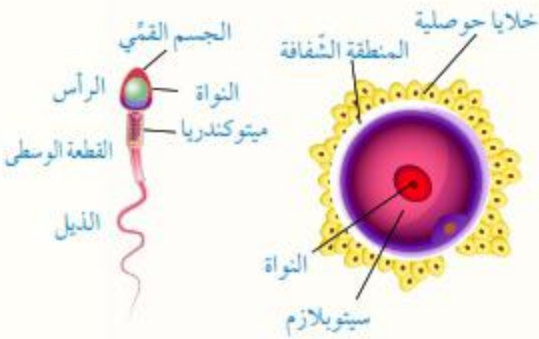


الشكل (26):
تجميد الأَجِنَّة.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ما أهمية التكاثر؟

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.

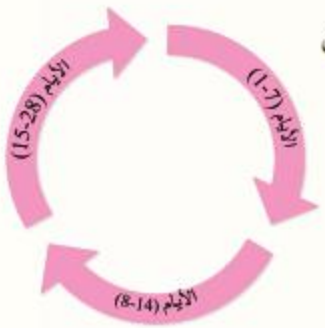
4. **أُقارِن** بين كلٍّ ممّا يأتي:

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.

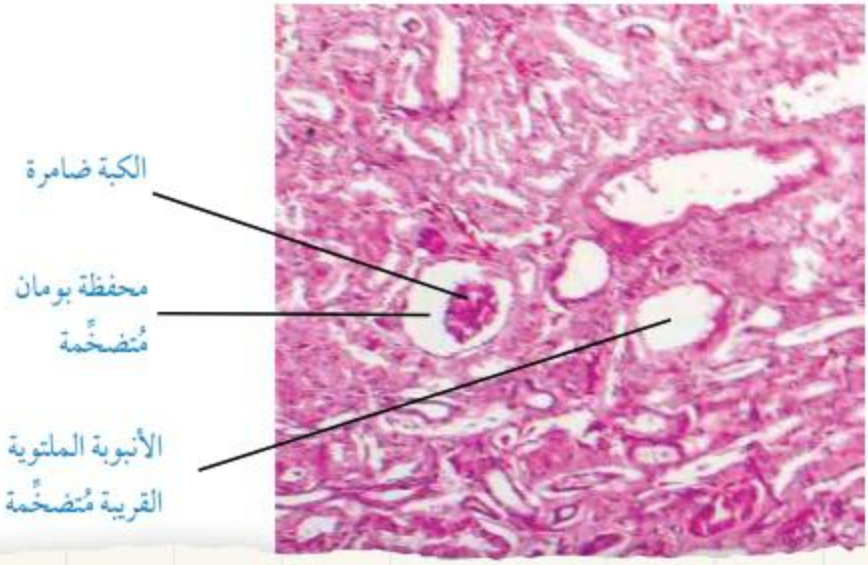
جـ. في أيِّ الأطوار تبدأ بطانة الرحم بالانسلاخ؟

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.



أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن مصادر التلوُّث بالجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء PM 2.5، وكيفية وصولها إلى أجهزة الجسم المختلفة، وتوصيات الجهات البيئية والصحية المحلية والدولية للتقليل من آثارها في صحة الإنسان، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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.
   ب. يزداد حجم البول.
   جـ. يظل حجم البول ثابتًا.
   د. لا شيء ممّا ذُكِر.
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 الأجِنَّة.
7. الغُدَّة التي تحتوي إفرازاتها على سكر الفركتوز لتغذية الحيوانات المنوية هي:
   أ. كوبر.
   ب. الحوصلة المنوية.
   جـ. البروستات.
   د. تحت المهاد.

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	(6-3)	(2-0)	(3-0)
خلايا دم بيضاء	(2-0)	(12-10)	(3-1)	(3-0)
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

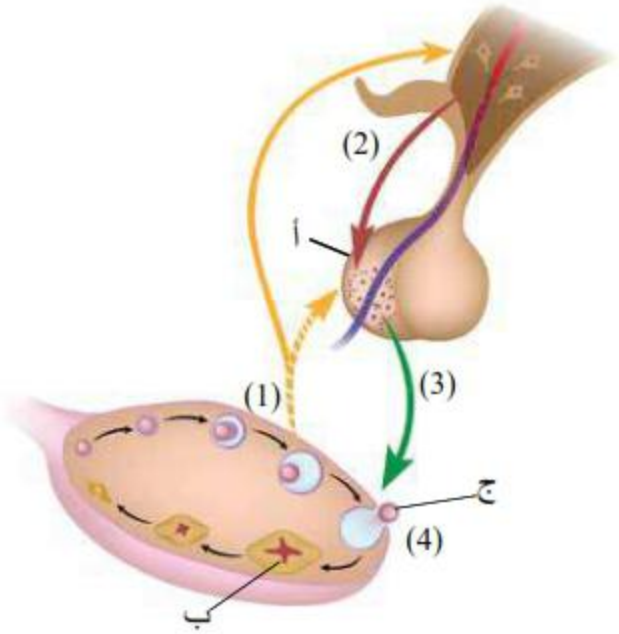
أ. يتكوَّن البول من ماء وأملاح. **أفسِّر** سبب وجود الغلوكوز في بول الطالب الأول.

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 أجيب عن الأسئلة التي تليه:



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

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

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

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

السؤال الخامس:

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

السؤال السادس:

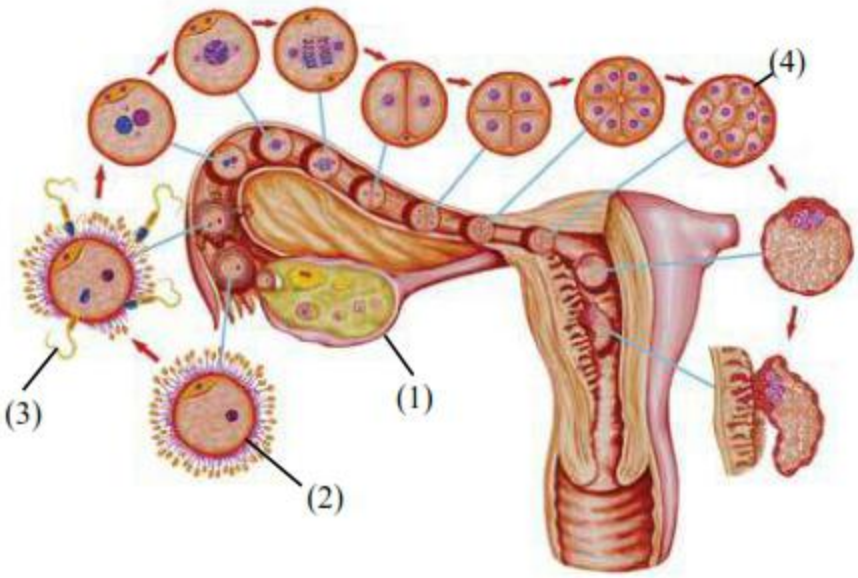
أفسِّر كلًّا ممّا يأتي:

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 يُبيّن 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. أُوضّح كيف تتمكّن الحوصلة البلاستولية من الانغراس في بطانة الرحم.

السؤال الثامن:

أ. كيف تتكوّن 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:

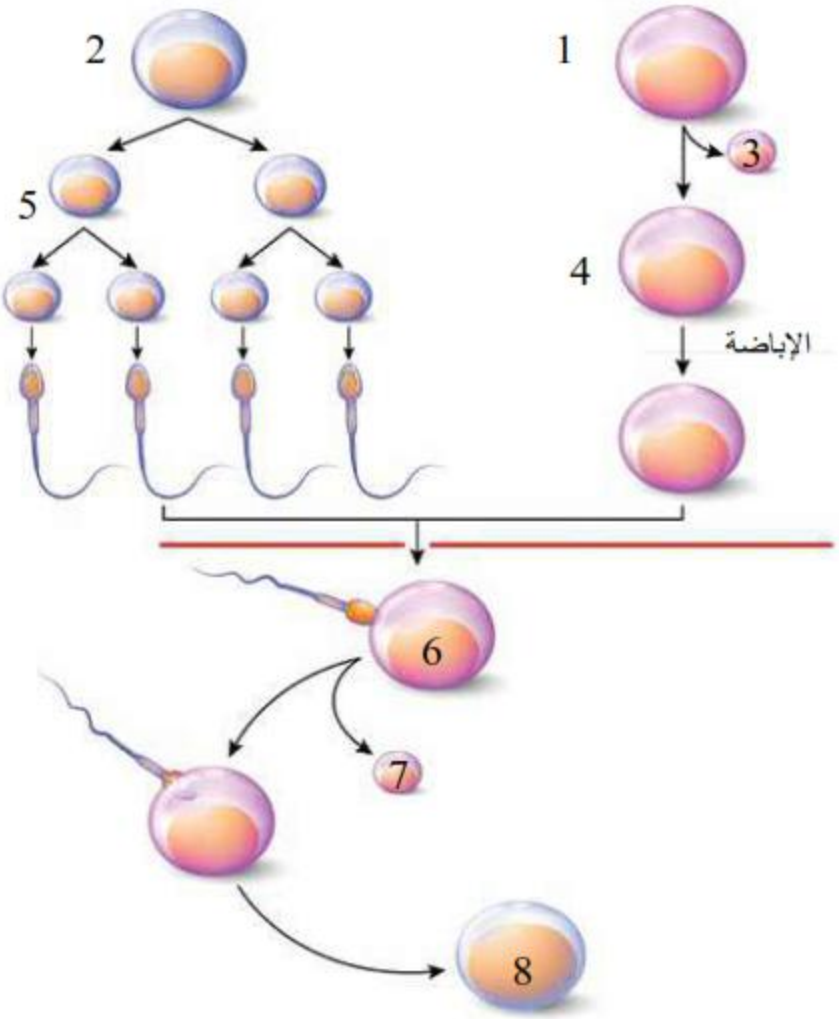
أُوضّح التلاؤم بين التركيب والوظيفة لكلٍّ ممّا يأتي:

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

ب. الرحم، وحمل الجنين، وتغذيته، وحمايته.

السؤال العاشر:

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



أ. أُحدّد 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. أُوضّح كيف تُحفَّز الخلية رقم (6) على إكمال المرحلة الثانية من الانقسام المُنصّف.

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

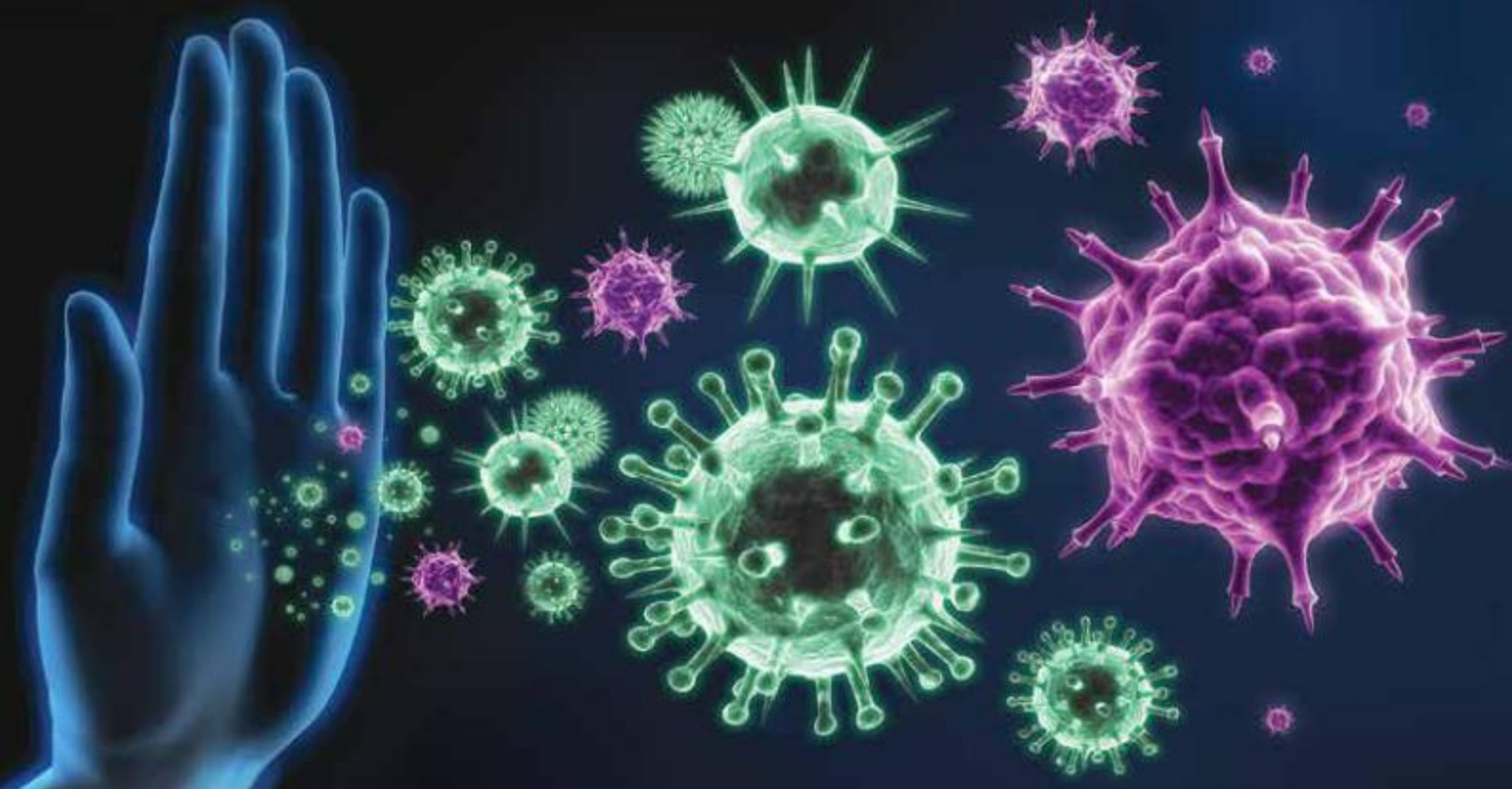
الوحدة 4

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.

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 المضادات الحيوية

المواد والأدوات: أطباق بتري جاهزة فيها آجار، أقراص ورقية لمضادات حيوية مختلفة، حاضنة، شريط ورقي لاصق، قلم تخطيط، قفافيز، 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، مستخدمًا الماسحة القطنية لذلك: الفم، الأنف، اليدان، مقعد الطالب، ... .
- 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، مراعيًا 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؟

جهاز المناعة
The Immune System

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

تُسهِم الاستجابة المناعية بنوعيها؛ الطبيعية (غير المُتخصِّصة)، والمُكتَسَبة (المُتخصِّصة) في حماية الجسم، والمحافظة على صحته.

نتاجات التعلُّم:

- أُفسِّر آلية مقاومة المرض، والمناعة في الجسم.
- أستقصي مدى تأثير الحالة النفسية في صحة الإنسان.

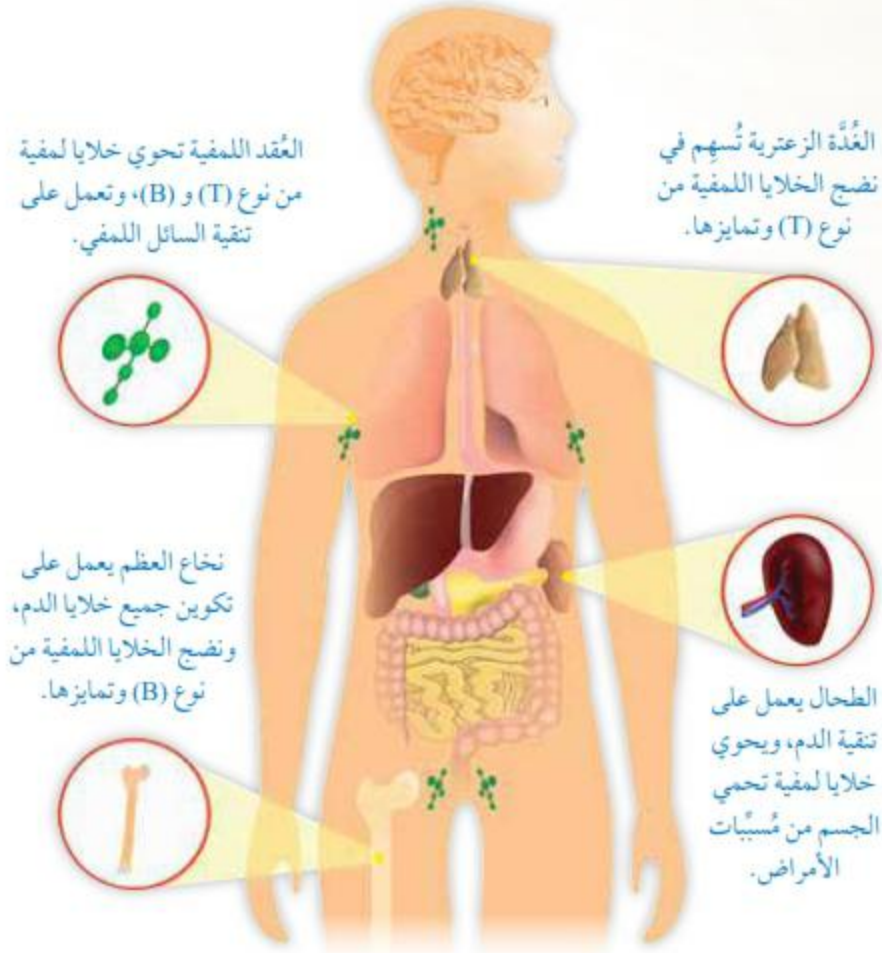
المفاهيم والمصطلحات:

جهاز المناعة	The Immune System
الاستجابة المناعية	Immune Response
البلعمة	Phagocytosis
الاستجابة الخلوية	Cellular Response
الاستجابة السائلة	Humoral Response
الجسم المضاد	Antibody
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 والغُدَّة الزعترية، 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.

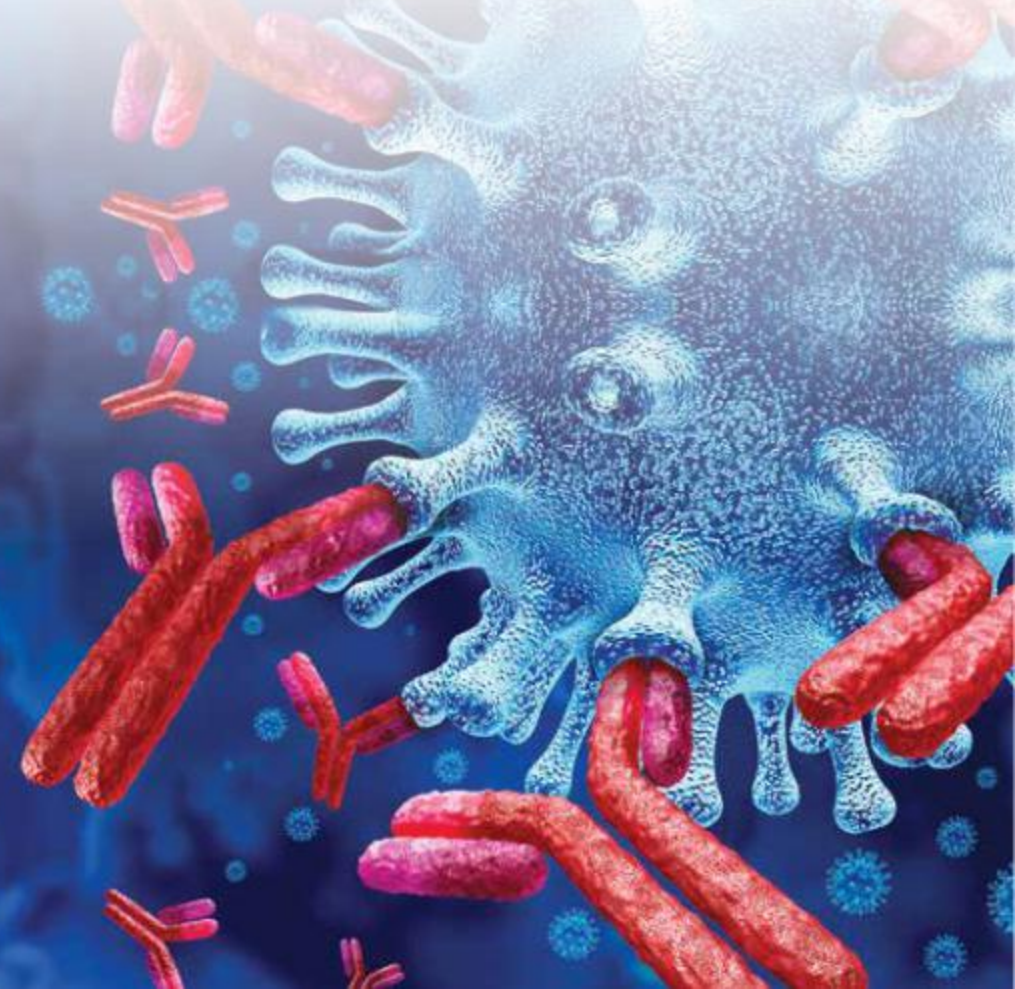
تحمل خلايا الجسم على سطوحها بروتينات سكرية تُسمّى مُولِّدات الضد الذاتية Self Antigen، ولا يتسبَّب وجودها في حدوث أيِّ استجابة مناعية ضدها؛ أيْ لا يهاجمها جهاز المناعة في الحالات الطبيعية، في حين يتعرَّف الجسم مُولِّدات الضد التي تدخله، ويَعُدُّها غريبة، وتُسمّى مُولِّدات الضد غير الذاتية Non Self Antigen.

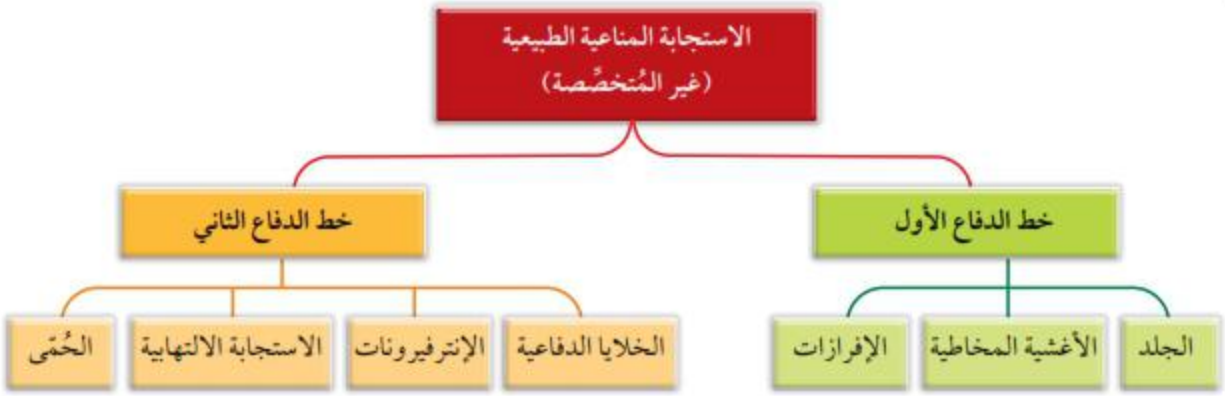
✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح المقصود بالاستجابة المناعية.

أفكر الصدفية مرض يتعرَّف فيه الجهاز المناعي بعض مُولِّدات الضد الذاتية بوصفها مُولِّدات ضد غير ذاتية. أُفسِّر ذلك.

أفكر 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؟

يخضع بعض الأشخاص لعملية استئصال الغُدَّة الزعترية أو الطحال لأسباب صحية. أبحث في أثر استئصال هذه الغُدَّة أو الطحال في صحة الجسم ومناعته، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.





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).

الشكل (3): صورة مجهرية للجلد.

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.

✓ **أتحقَّق:** مِمَّ يتكوَّن خط الدفاع الأول؟

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.

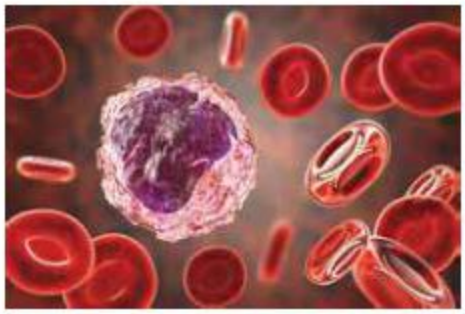
الخلايا الدفاعية Defence Cells

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.

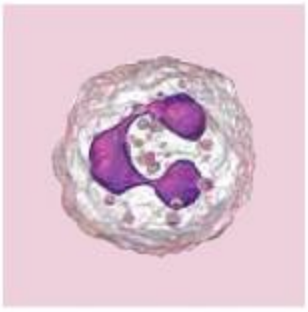
أبحث: للوزتين والزائدة الدودية وبقع بيير في الأمعاء دور في مناعة الجسم وحمايته من مُسبِّبات الأمراض. أبحث في دور كلٍّ منها في مناعة الجسم، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن البروتينات المتممة التي تُعَدُّ إحدى آليات خط الدفاع الثاني عن الجسم، مُبيِّنًا آلية عملها، ودورها في مناعة الجسم والدفاع عنه، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

(أ) خلايا قاتلة طبيعية.

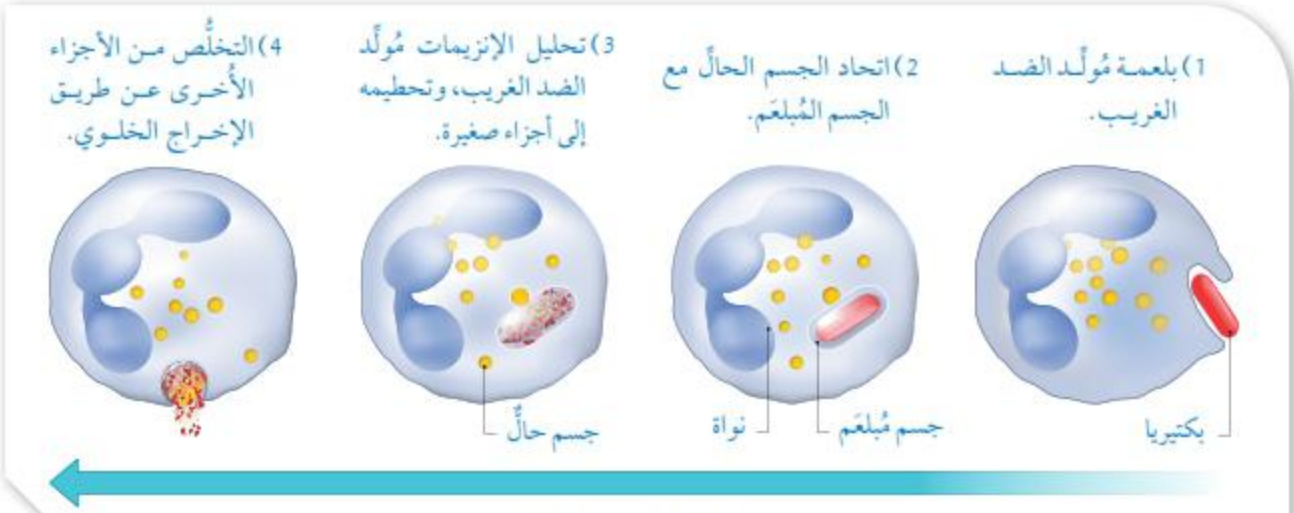


(ب) خلية وحيدة النواة.



(جـ) خلية متعادلة.

الشكل (4): أنواع الخلايا الدفاعية.



الشكل (5): عملية البلعمة.

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 تشمل الحُمّى، والتعب، وانخفاض إنتاج خلايا الدم حالت دون استخدامه لعلاج أقل الأمراض خطورة. 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.

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.

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.

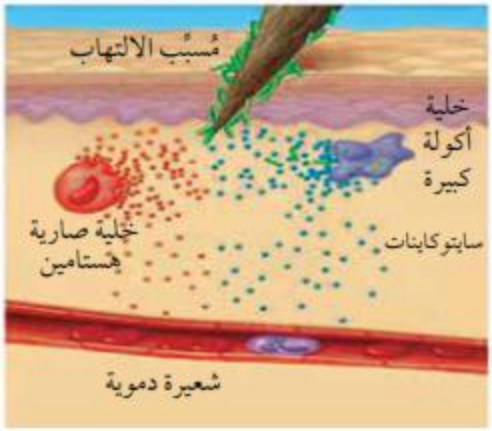
تتشارك الخلايا الأكولة الكبيرة والخلايا المتعادلة في الاستجابة الالتهابية، وذلك بإفرازها سايتوكاينات تعمل على زيادة تدفُّق الدم إلى مكان الإصابة؛ ما يؤدي إلى احمرار منطقة الإصابة، وارتفاع درجة حرارتها، أنظر الشكل (6).

الحُمّى Fever

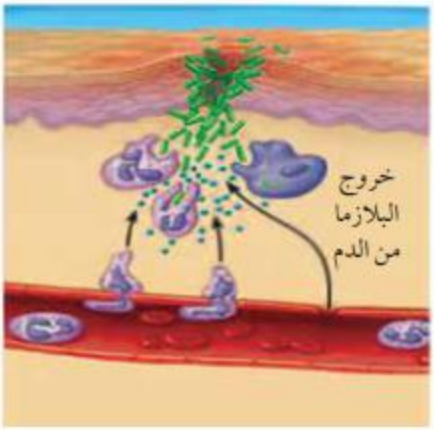
يُفرِز جهاز المناعة مواد كيميائية تزيد درجة حرارة الجسم، وتُسبِّب الحُمّى. وارتفاع درجة حرارة الجسم قد يُبطِّئ (أو يُثبِّط) نمو بعض أنواع مُسبِّبات الأمراض.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح المقصود بعملية إشهار مُولِّد الضد.

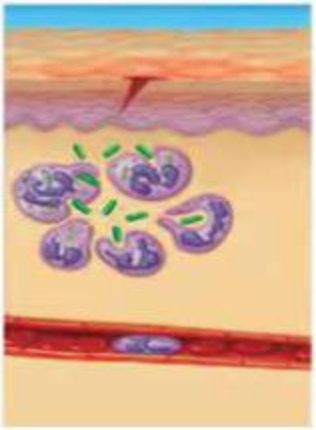
أبحث في أثر الحالة النفسية والإجهاد في صحة جسم الإنسان ومناعته، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.



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.

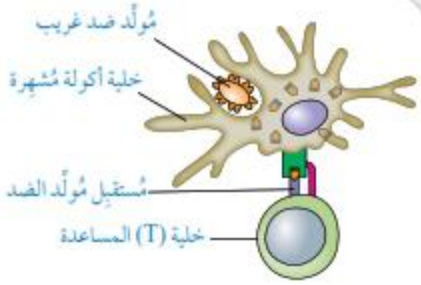


يزداد توسُّع الشعيرات الدموية، فتصبح أكثر نفاذية؛ ما يسمح بدخول البلازما، وما تحويه من مواد مضادة للأجسام الغريبة من الدم إلى النسيج (منطقة الإصابة). وتتشارك الخلايا المتعادلة والخلايا الأكولة الكبيرة في الاستجابة الالتهابية.



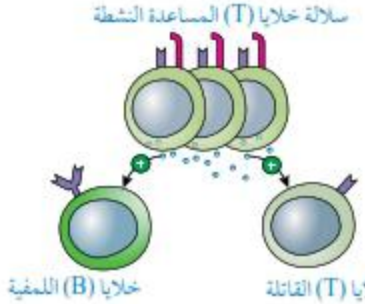
تبتلع الخلايا المتعادلة مُسبِّبات الأمراض وبقايا الخلايا الميتة؛ ما يُسهِم في شفاء منطقة الإصابة.

الشكل (6): الاستجابة الالتهابية.



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

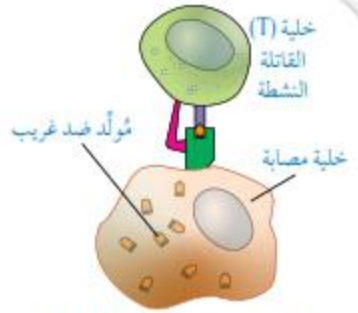
يُطلَق على الاستجابة المناعية التي تنتج من عمل خلايا (T) اللمفية اسم **الاستجابة الخلوية Cellular Response**. ومن الأمثلة على خلايا (T) اللمفية: (T) المساعدة Helper (T) Cells، وخلايا (T) القاتلة Cytotoxic (T) Cells؛ وهي خلايا لمفية تهاجم الخلايا المصابة بالفيروسات والخلايا السرطانية؛ لأتعرَّف آلية عملها، أنظر الشكلين: (7)، و(8).

الشكل (7): آلية عمل خلايا (T) المساعدة.

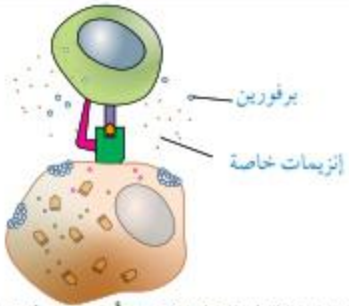
افكر أفسِّر سبب تمكُّن خلايا (T) القاتلة من القضاء على الخلايا السرطانية.

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.

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.

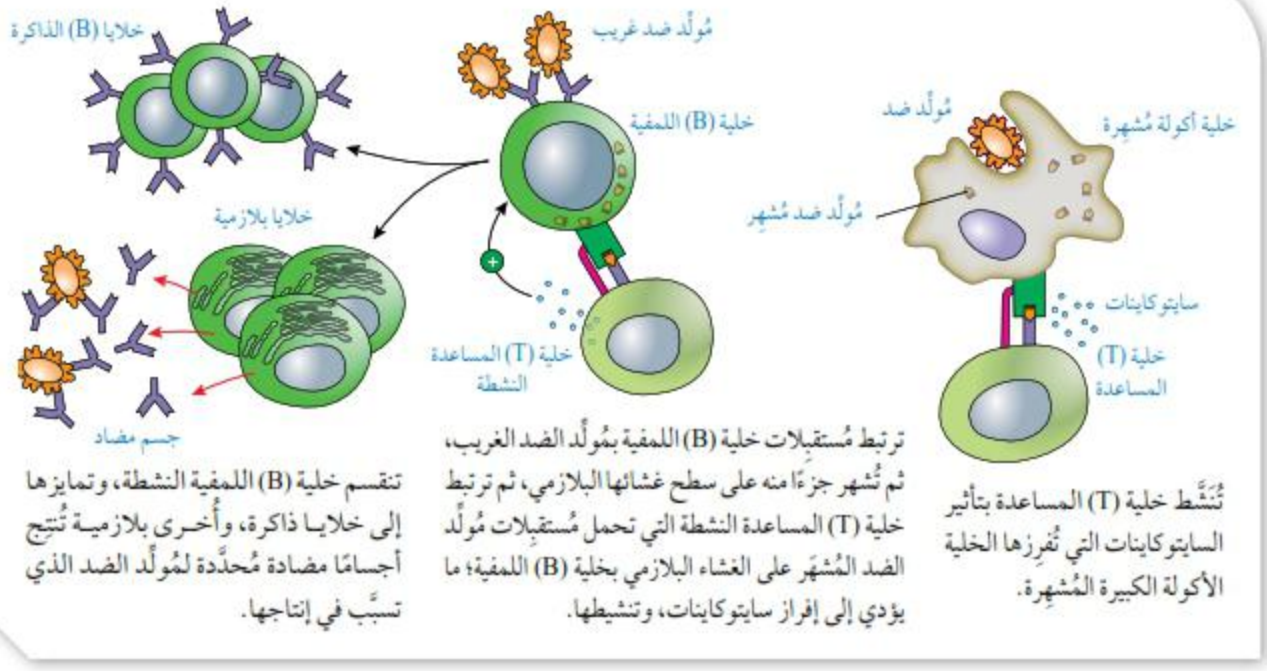
الجسم المضاد Antibody هو بروتين تُنتِجه الخلايا البلازمية؛ استجابةً لوجود مُولِّد ضد مُحدَّد؛ بُغْيَةَ تثبيطه، أنظر الشكل (9) الذي يُبيِّن آلية عمل خلايا (B) اللمفية.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح التلاؤم بين تركيب الخلية البلازمية ووظيفتها.

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.

يُهاجِم جهاز المناعة الخلايا السرطانية لحماية الجسم. أبحث في كيفية حدوث ذلك، وفي دور عوامل البيئة والجينات في هذه العملية، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.



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.

الشكل (9): آلية عمل خلايا (B) اللمفية.

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.

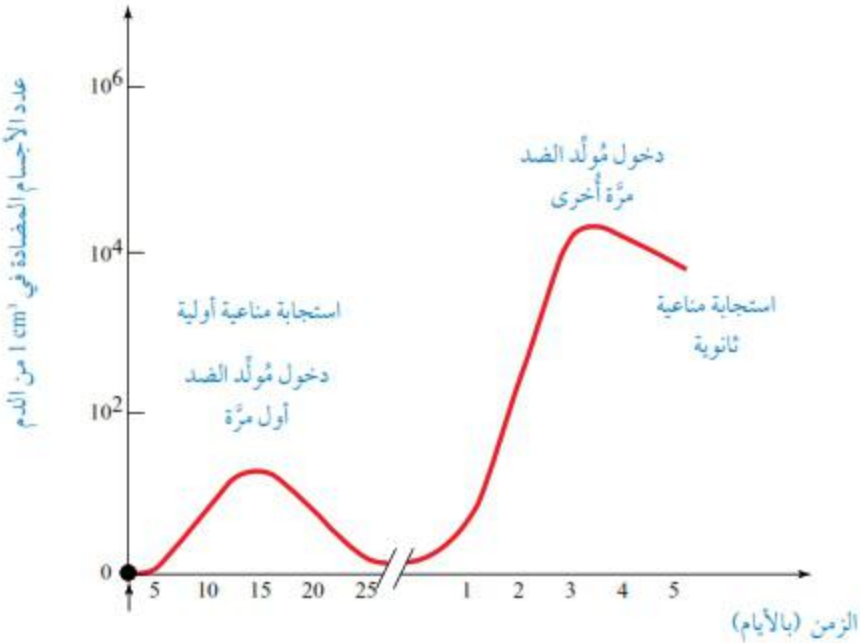
وفي حال تعرَّض الجسم لمُولِّد الضد نفسه مرَّة أُخرى، تنشط خلايا الذاكرة التي تحمل المُستقبِل الخاص بهذا المُولِّد على سطوحها، وتكون سرعة إنتاج الأجسام المضادة كبيرة؛ لذا تكون الاستجابة سريعة وقوية، وتُسمّى الاستجابة المناعية الثانوية Secondary Immune Response، أنظر الشكل (10).

أتحقَّق:

أُقارِن بين الاستجابة المناعية الأولية والاستجابة المناعية الثانوية من حيث تركيز الأجسام المضادة.

يُستخدَم فحص عيار الأجسام المضادة Antibody titer لمعرفة مستوى الأجسام المضادة في الدم. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن آلية عمل هذا الفحص، وأهميته، ومُسوِّغات استخدامه، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أفكر من غير المعتاد أنْ يصاب الإنسان بجدري الماء مرَّتين في أثناء حياته، أُفسِّر سبب ذلك.



الشكل (10): الاستجابة المناعية عند تعرُّض الجسم لمُولِّد الضد.

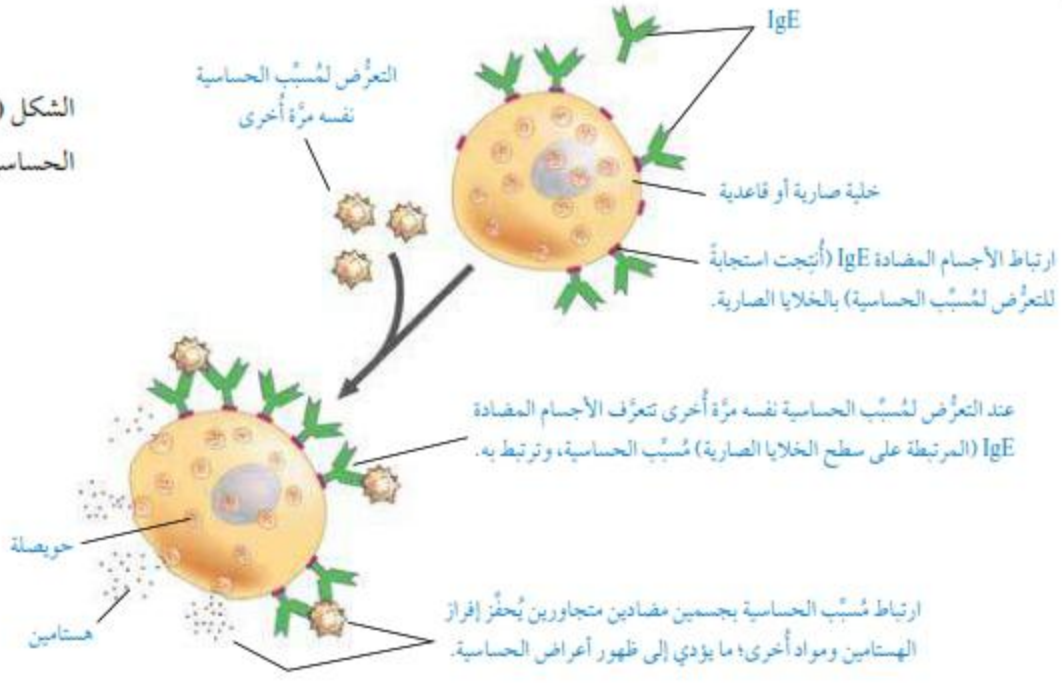
تفاعل الحساسية Allergic Reaction

تفاعل الحساسية Allergic Reaction هو استجابة مناعية لمُولِّد ضد مُعيَّن لا يستوجب 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 الحساسية، 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.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أثر السلوك الصحي وخدمات الرعاية الصحية في الوقاية من أمراض الحساسية، وأثر الوراثة وعوامل البيئة في الإصابة بأنواع الحساسية، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

✓ **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 18 عامًا 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. **أحلّل البيانات:** أُمثِّل بيانيًّا العلاقة بين نوع المادة المُسبِّبة للحساسية وعدد المصابين بالملايين.
2. **أحسُب:** ما عدد الأطفال دون سنّ الثامنة عشرة المصابين بحساسية الأغذية؟
3. **أتوقَّع:** هل يوجد علاج للحساسية من المواد الغذائية؟ **أفسِّر** 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 المعدية، 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.

أفكر لماذا لا يُمكِن لبعض المطاعيم (مثل مطاعيم الإنفلونزا) توفير مناعة للجسم مدى الحياة؟

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. 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.

4. أُوضِّح آلية عمل خلايا (B) اللمفية في مقاومة مُسبِّبات الأمراض.
5. **أُقارِن** بين خلايا (T) اللمفية وخلايا (B) اللمفية من حيث مكان الإنتاج، والتمايز.

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 الفحوصات الدورية في الحفاظ على الصحة.

المفاهيم والمصطلحات:

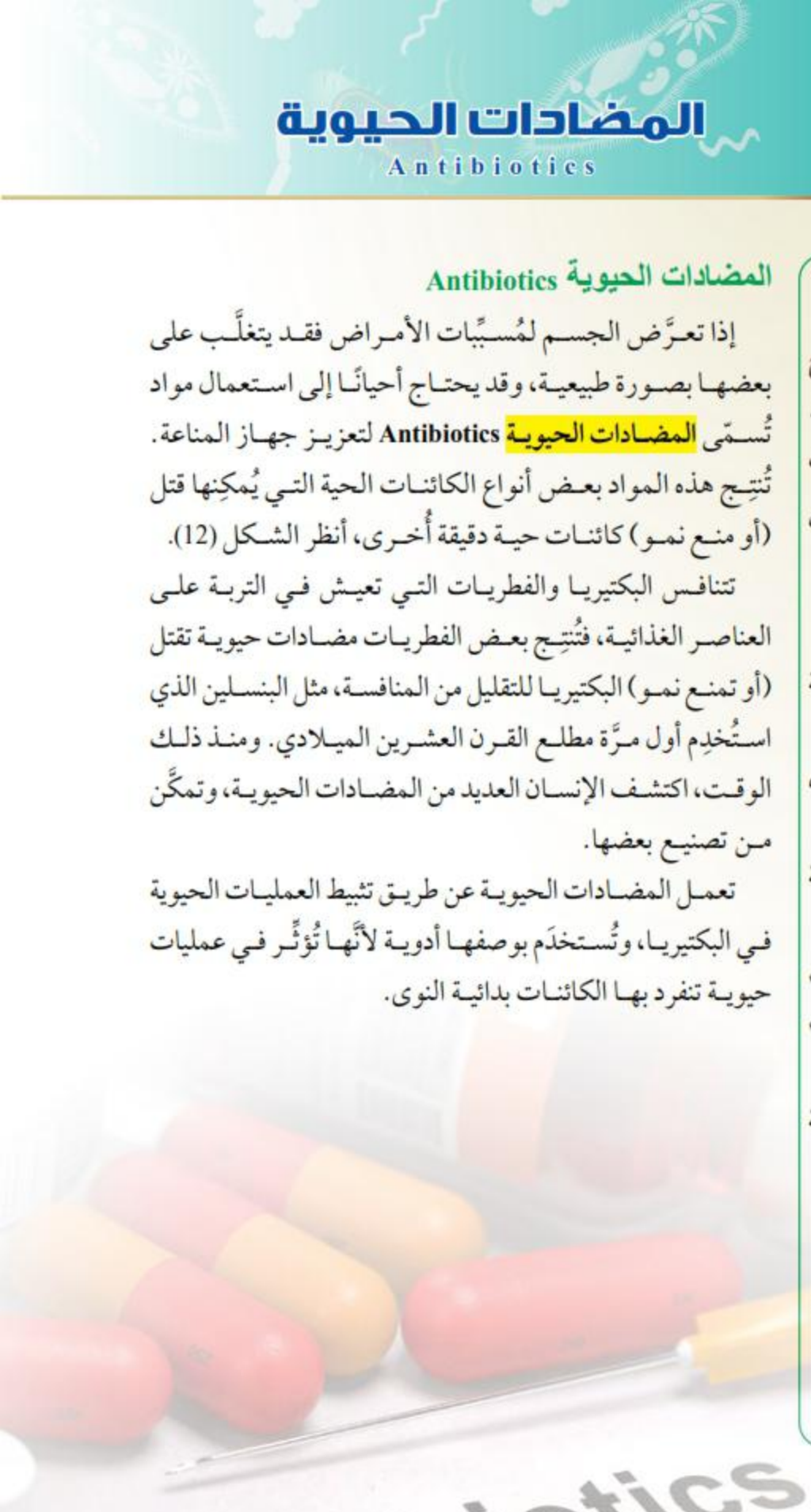
المضادات الحيوية	Antibiotics
قاتل البكتيريا	Bactericidal
مُثبِّط البكتيريا	Bacteriostatic

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 للخلية
الكولستين Colistin	قاتل البكتيريا	تحطيم الغشاء البلازمي للخلية
الستربتومايسين Streptomycin	مُثبِّط البكتيريا	تثبيط تصنيع البروتين
التتراسيكلين Tetracycline	مُثبِّط البكتيريا	تثبيط تصنيع البروتين

يُطلَق على المضادات الحيوية التي تقتل البكتيريا اسم **قاتلة البكتيريا Bactericidal**، ويُطلَق على تلك التي تُثبِّط نمو البكتيريا اسم **مُثبِّطات البكتيريا Bacteriostatic**، أنظر الجدول (2).

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 المُكوَّرات العنقودية ***Staphylococcus***، لاحَظ مصادفةً أنَّ أحد أطباق زراعة البكتيريا مُلوَّثة بفطر ***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.

للدواء أشكال مختلفة تُسهِم في علاج المشكلات الصحية.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن دور أشكال الدواء المختلفة في علاج المشكلات الصحية، ثم أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي / زميلاتي في الصف.

أفكر لا يُمكِن للمضادات الحيوية أنْ تُعالِج بفاعليةٍ الأعراضَ التي تُسبِّبها الفيروسات. أُبيِّن سبب ذلك.

الشكل (13): فطر *Penicillium notatum* الذي ينمو على الآجار.

أبحث: في مصادر المعرفة المناسبة عن آثار الدواء الجانبية، وآثاره السُّمِّيَّة في الجسم، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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.

أفكر لماذا لا يكون البنسلين فاعلًا في القضاء على بكتيريا الميكوبلازما *Mycoplasma*؟

✓ **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 الخَلّ.

خطوات العمل:

1. **أجرِّب:** أملأ كل كأس بربع كوب من الخَلّ تقريبًا (أو حتى تمتلئ الكؤوس إلى نصفها).
2. أضع حبَّة دواء واحدة في كل كأس، **وألاحِظ** وقت البدء باستخدام ساعة التوقيت.
3. **ألاحِظ** التغيُّر في لون الخَلّ، وأيَّ تغيُّرات في حبوب الدواء بعد دقائق معدودة.

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتج:** لماذا استعملْتُ الخَلّ لإذابة حبوب الدواء؟
2. ما شكل الدواء الذي يكون تأثيره سريعًا في المعدة؟ **أفسِّر** إجابتي.
3. **أناقِش:** 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.

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.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن عقاقير يُساء استخدامها، مُبيِّنًا الفرق بين مفهوم التحمُّل ومفهوم الإدمان في استخدام الدواء وغيره من المواد والعقاقير، وأثر ذلك في الصحة، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أهمية الفحوصات الدورية في الحفاظ على الصحة، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

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.

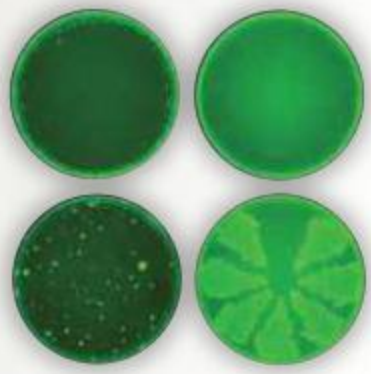
إنتاج الذكاء الاصطناعي مضادات حيوية جديدة

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 باحثو 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 الباحثون في دراستهم الجديدة العديد من المضادات الحيوية المقترحة الواعدة التي خطَّطوا لاختبارها بصورة مُكثَّفة. وقد رأوا إمكانية استخدام هذا النموذج أيضًا في صنع أدوية جديدة، بناءً على معرفتهم السابقة بالتركيب الكيميائي للأدوية التي يُمكِنها قتل البكتيريا.



استخدم باحثو معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا 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).

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أنواع أُخرى من الأدوية طُوِّرت باستخدام التكنولوجيا، ثم أكتب تقريرًا عنها، ثم أقرؤه أمام زملائي/ زميلاتي.

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.

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 المريض الذي يُعالَج من سرطان الدم لخطر الإصابة بالأمراض المعدية.

السؤال الرابع:

أوضح دور مادة البرفورين التي تفرزها خلايا T القاتلة، في تحليل الخلايا المصابة بالفيروسات.

السؤال الخامس:

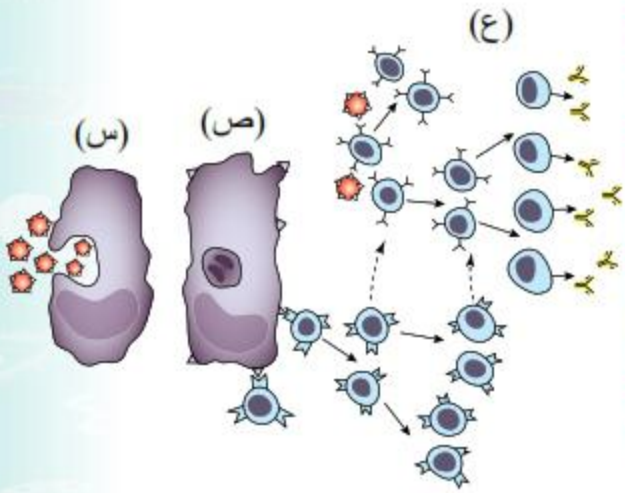
يُبيِّن الشكل اللاحق كيفية استجابة جهاز المناعة لبكتيريا عند غزوها الجسم:

أ. أُحدِّد العملية المُسمّاة (س) .

ب. تُعرَّف 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).



(أ)

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.

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.

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.

الأوكسيهيموغلوبين Oxyhemoglobin: مُركَّب ناتج من ارتباط الأكسجين بالهيموغلوبين.

(ب)

البربخ Epididymis: أنبوب شديد الالتواء يلتف حول الخصية، وتنضج فيه الحيوانات المنوية، وتُخزَّن فيه.

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.

(ت)

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.

(ج)

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.

(ح)

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.

(د)

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.

(س)

السائل المنوي Semen: سائل يُنتَج في الجهاز التناسلي الذكري، ويحتوي على الحيوانات المنوية، وإفرازات الغُدد التناسلية.

(ص)

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.

(ض)

الضغط الجزئي للأكسجين Partial Pressure of Oxygen (PO_2): ضغط ناتج من غاز الأكسجين في خليط الغازات.

(ع)

العاصرة الفؤادية Cardiac Sphincter Muscle: عضلة على شكل حلقة تتحكَّم في انتقال الطعام من المريء إلى المعدة، وتمنع ارتداده.

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: عصبونات توجد داخل الجهاز العصبي المركزي، وتعمل بوصفها حلقة وصل بين الأنواع الأُخرى من العصبونات، مثل: العصبونات الحسِّية، والعصبونات الحركية.

(غ)

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.

(ق)

قاتلة البكتيريا Bactericidal: مضادات حيوية تقتل البكتيريا.

(ك)

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.

(م)

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.

(ن)

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.

(هـ)

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.

1. Boyle, M., et al., **Collins advanced Science-biology**, Collins, 2017.

2. Campbell, N., A., Urry, L., A., Cain, M., l., Wasserman, S., Minorsky, P., V., Reece, J., B., **Biology a global approach**, 11 th edition, Pearson education, INC., Boston, MASS., USA, 2018.

3. Miller.K.R., Miller & Levine, **biology**, Pearson. 2010.

4. Martindill, D., Smyth, M., Smith, M., **Cambridge International AS & A Level Biology**, Collins, 2020

5. Hacker, F. Neville & Moore's, **Essentials of Obstetrics & Gynecology**, sixth edition.

6. David M., Michael S.and Mike S. **Cambridge International AS & A Level Biology**. Students' Book. Harper Collins Publishers Limited 2020

7. Jackie,C. Sue, K. , Mike,S.m and Gareth, P. **Cambridge IGCSE Biology**. Harper Collins Publishers Limited 2014.

8. Khader,Y., Batieha, A., Ajlouni, H., El-Khateeb, M. & Ajlouni, K. (2008). Obesity in Jordan: Prevalence, Associated Factors, Comorbidities, and Change in Prevalence over Ten Years. **Metabolic Syndroms and Related Disorders**, Volume 6, Number 2.

المواقع الإلكترونية

1. https://www.mayoclinic.org/ar/tests-procedures/in-vitro-fertilization/about/pac-20384716
2. https://www.webmd.com/diet/news/20150116/obesity-maestro-system#1
3. http://www.perinatal.nhs.uk/car/anomaly/renal/renal.htm
4. https://www.mayoclinic.org/ar/diseases-conditions/endocarditis/symptoms-causes/syc-20352576
5. https://www.glowm.com/pdf/Book-InTech-From%20Preconception%20to%20Post-partum-Ch08-CC%20BY.pdf
6. https://www.medicalnewstoday.com/articles/314662
7. https://www.med.umich.edu/lrc/coursepages/m1/embryology/embryo/11urinarysystem.htm
8. https://www.pnas.org/content/118/7/e2020575118

Collins