حيوان 5

مقرر الفسيولوجي وكيمياء الانسجه

جزء الفسيولوجي(علم وظائف الاعضاء)

الجزء النظري

الفصل الدراسي الاول

الفرقه الثالثه العلوم البيولوجيه والجيولوجيا

اعداد

د/مريم ابوبكر فاوي

المحتويات

الجهاز الهضمي.....3

الجهاز الدوري.....28

الدم مكوناته.....37

الجهاز التنفسي.....53

الجهاز البولي.....65

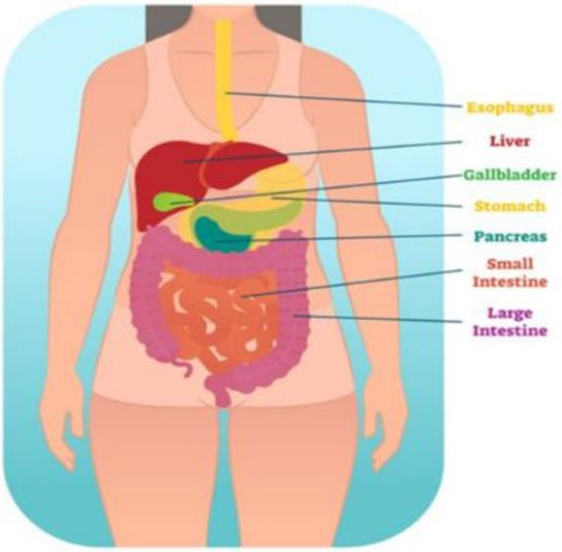
الجهاز التناسلي الذكري.....75

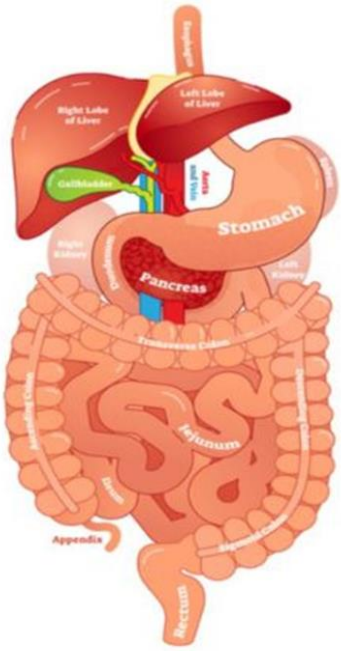
الجهاز التناسلي الانثوي.....85

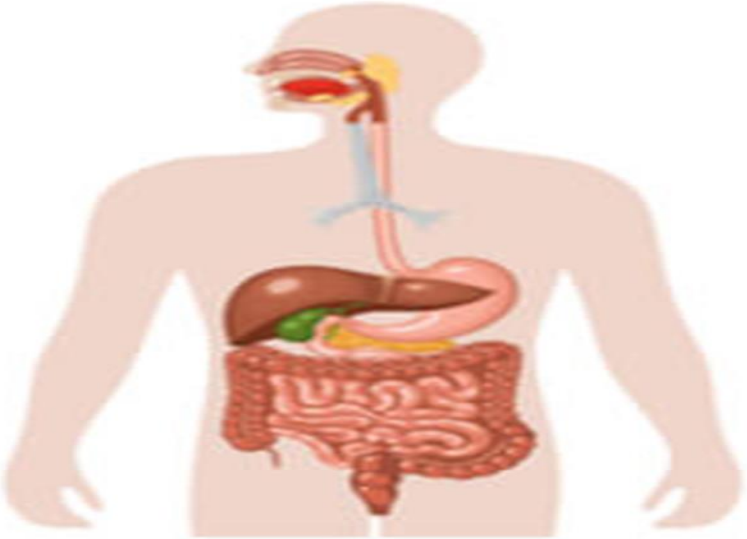
الجهاز العصبي.....96

الغدد الصماء.....106

الجهاز الهضمي

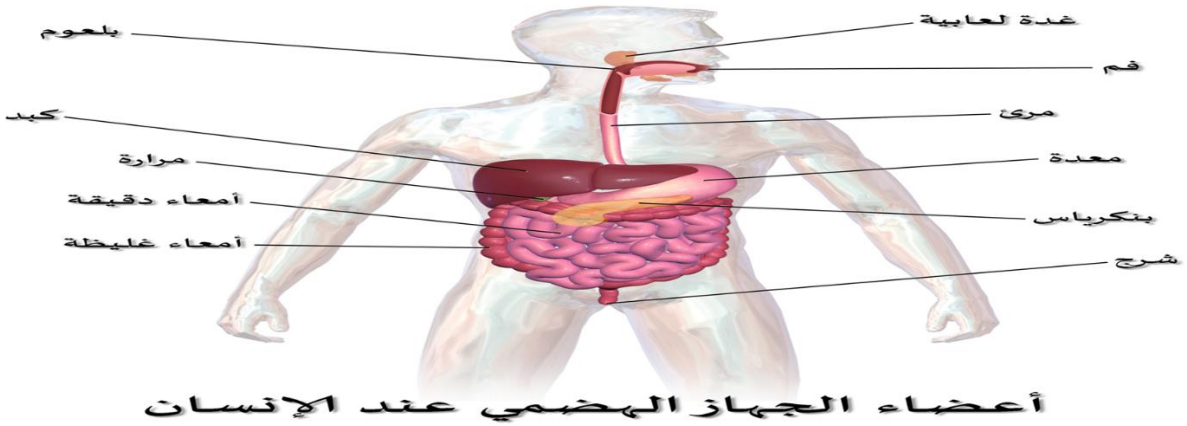






وظيفه الجهاز الهضمي

الجهاز الهضمي هو نظام في جسم الإنسان والكائنات الحية الأخرى يقوم بتحطيم الطعام واستخلاص العناصر الغذائية اللازمة للجسم وإزالة المخلفات الغير هضمية. يتألف الجهاز الهضمي من عدة أجزاء مترابطة تعمل معًا لتنفيذ هذه العملية.



أعضاء الجهاز الهضمي عند الإنسان

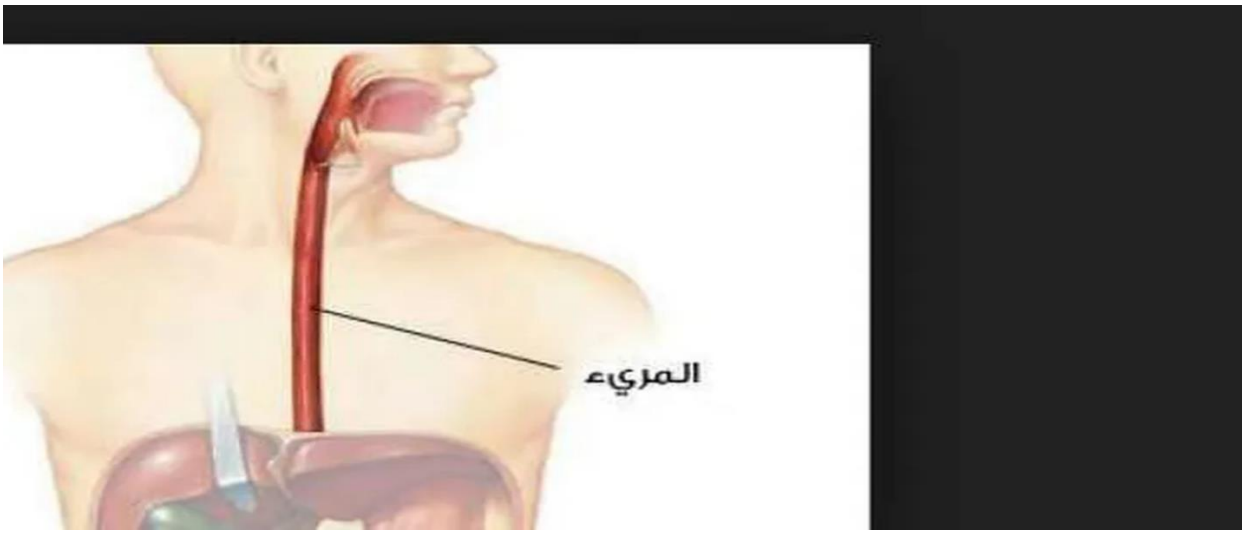
مكونات الجهاز الهضمي

الفم: - وظيفته: تهيئة الطعام للهضم.

- المكونات: الشفتين واللسان والأسنان والغدد اللعابية.

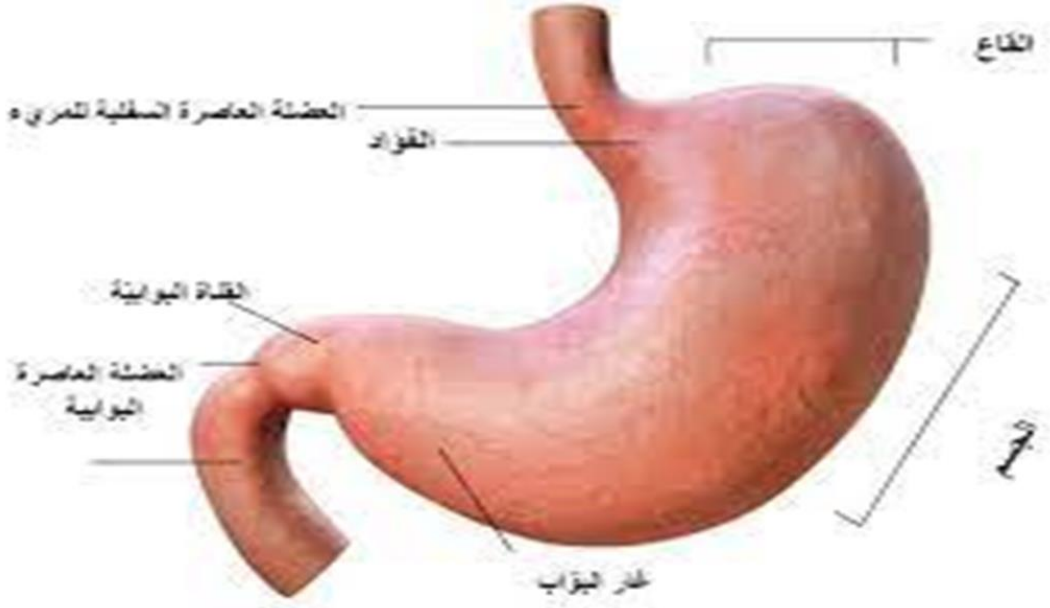
المريء: - وظيفته: نقل الطعام من الفم إلى المعدة .

- المكونات: أنبوب عضلي يربط الفم بالمعدة.



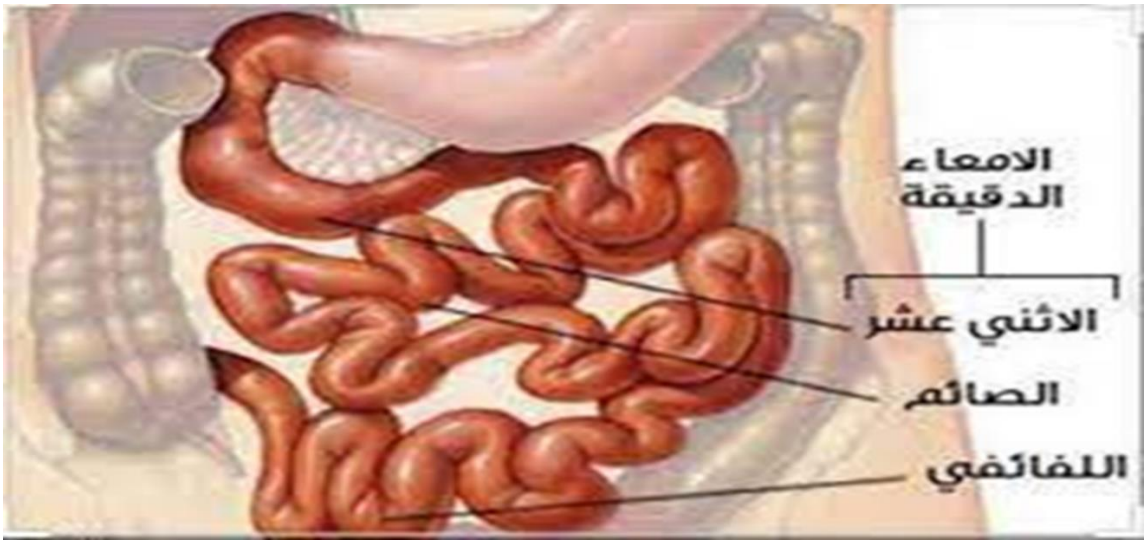
المعدة: - وظيفتها: هضم الطعام وتحويله إلى عصارة معديّة .

- المكونات: عضو عضلي مخروطي يحتوي على عصارة معديّة.



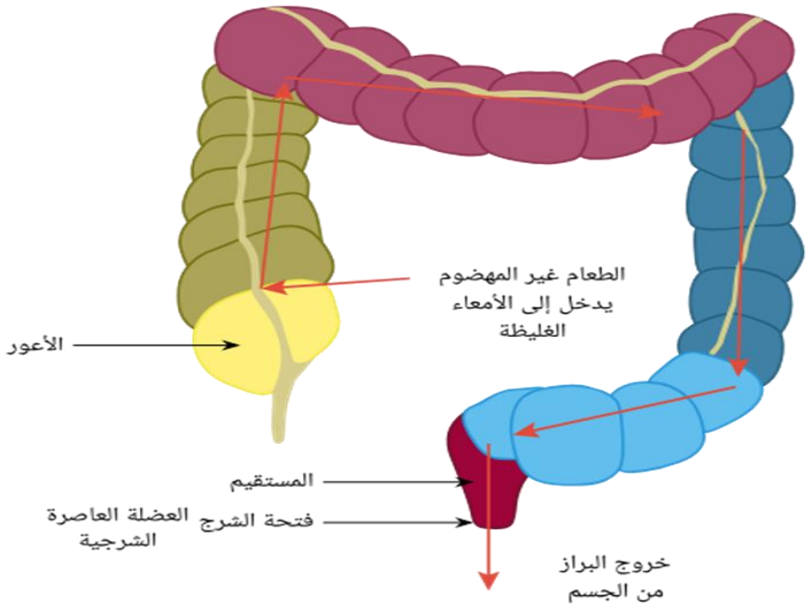
الأمعاء الدقيقة: - وظيفتها: امتصاص العناصر الغذائية من الطعام ونقلها إلى الدم .

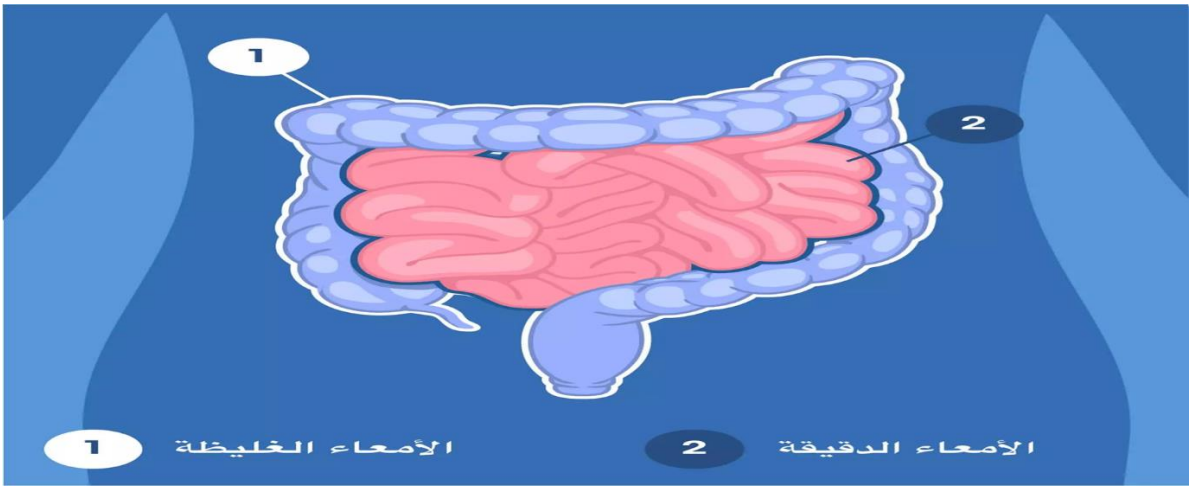
- المكونات: أنبوب طويل وملتوي يتكون من الاثني عشر والاصغر.



الأمعاء الغليظة: وظيفتها: امتصاص الماء والمواد الغذائية الأخرى وتكوين البراز .

- المكونات: قولون ومستقيم وفتحة شرجية.




1
2
1 الأمعاء الغليظة
2 الأمعاء الدقيقة

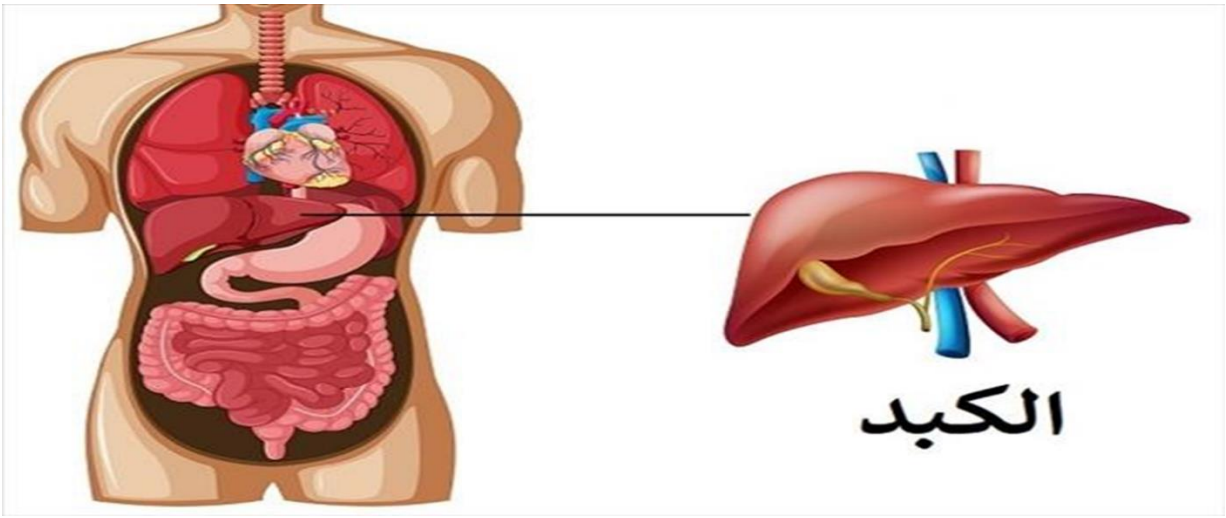
تركيب الجهاز الهضمى
القناة الهضمية:
١. الفـــم ٤. المعـــدة
٢. البلعـوم ٥. الأمعاء الدقيقة
٣. المـــرئ ٦. الأمعاء الغليظة
ملحقات القناة الهضمية:
1. الغدد اللعابية.
2. غدة الكبد.
3. غدة البنكرياس.
(كما يوجد غدد معدية. وغدد معوية)
البلعوم
المرئ
البنكرياس
المعدة
الأمعاء الغليظة
المستقيم
فتحة الشرج
نفهم

ملحقات الجهاز الهضمي

الإضافة إلى هذه الأجزاء الرئيسية، يوجد أيضًا الكبد والمرارة والبنكرياس الذين يلعبون أدوارًا هامة في عملية الهضم -:

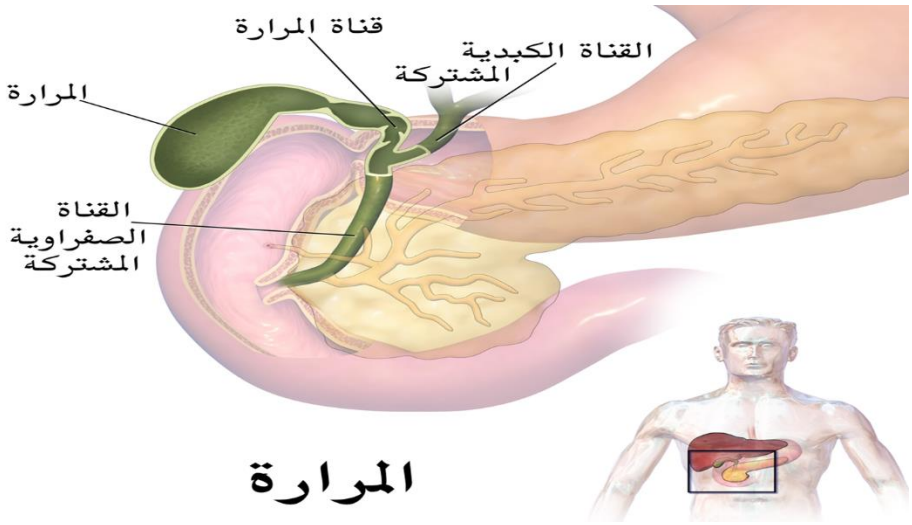
الكبد: - وظيفته: إنتاج الصفراء وتخزين المواد الغذائية المتحولة وتنقية السموم .

- المكونات: عضو كبير يوجد في الجزء العلوي من البطن.

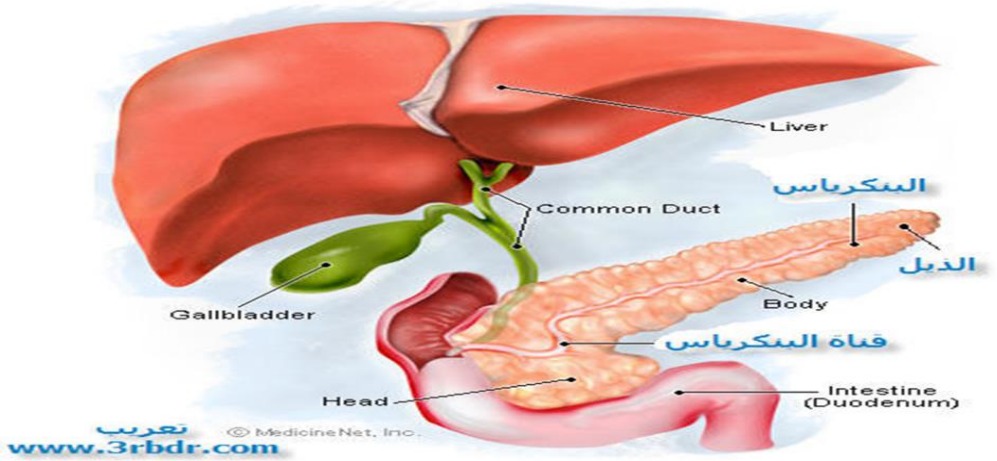


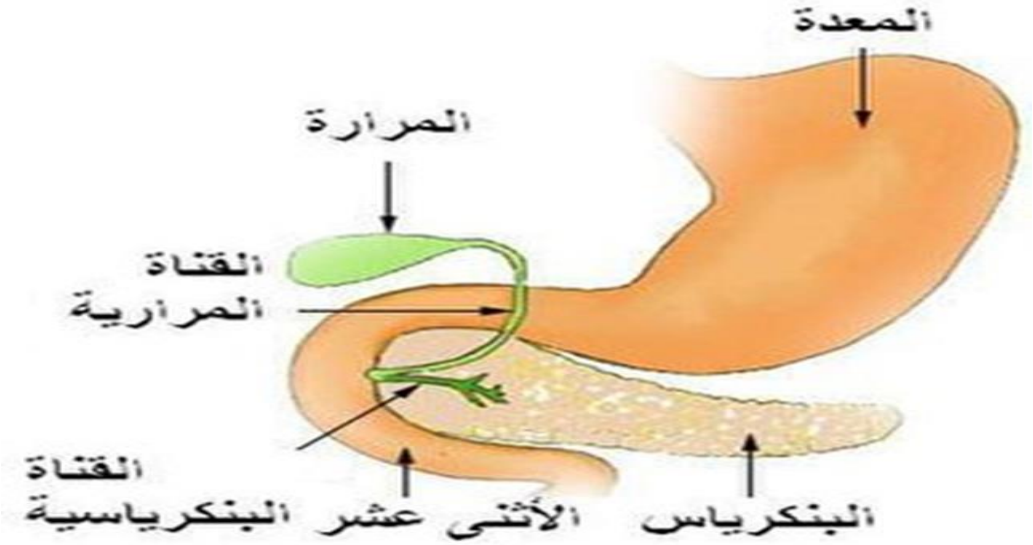
المرارة: - وظيفتها: تخزين وإفراز الصفراء التي تساعد في هضم الدهون .

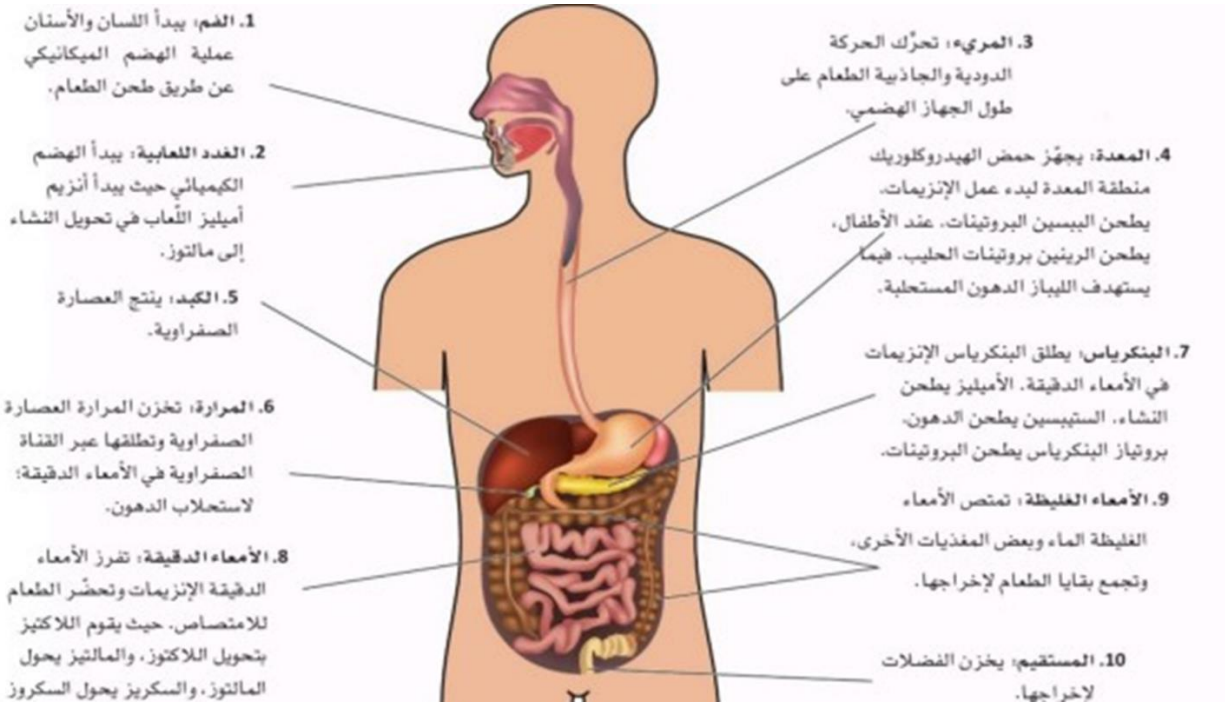
- المكونات: عضو صغير يوجد بجوار الكبد.



البنكرياس: - وظيفته: إفراز الإنزيمات الهاضمة إلى الأمعاء الدقيقة. - المكونات: غدة تقع خلف المعدة.







تعمل هذه المكونات معًا لتحقيق عملية الهضم والامتصاص وإزالة المخلفات الغير هضمية من الجسم.

الهضم:هو مجموعة العمليات الميكانيكية والكيميائية التي تجري على المواد الغذائية أثناء مرورها في القناة الهضمية لتحضيرها وتهيئتها للامتصاص والاستفادة منها بالجسم.

أنواع الهضم:

-الهضم الميكانيكي: ويشمل العمليات الميكانيكية من تناول العلف وطحنه ومضغه وبلعه وحركات المعدة ليتم في النهاية تقطيع لأجزاء صغيرة.

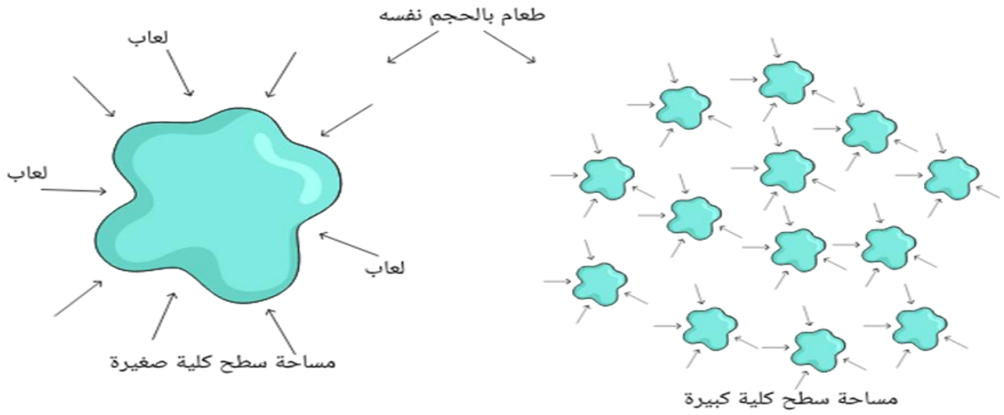
الهضم الكيميائي: ويشمل العمليات البيوكيميائية التي يتم خلالها حلمه المركبات العلفية تحت تأثير أنزيمات العصارات الهاضمة التي تفرز من الجهاز الهضمي.

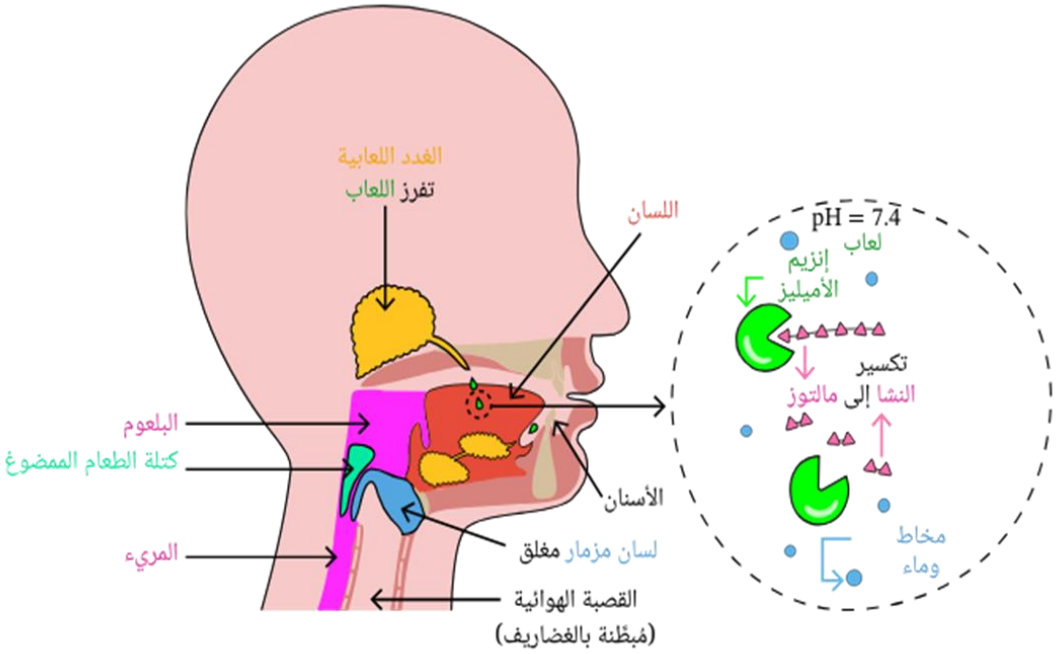
الهضم الميكروني: وفيها تهضم المواد الغذائية بفعل الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في الجهاز الهضمي وللهضم الميكروني أهمية خاصة عند المجترات التي يعيش في الامعاء الغليظه أعداد كبيرة من أنواع عديدة من الميكروبات.

الهضم عباره عن عمليتين هضم ميكانيكي وهضم كيميائي

الهضم الميكانيكا:تكسير الطعام ميكانيكا (الطحن- التفتيت)

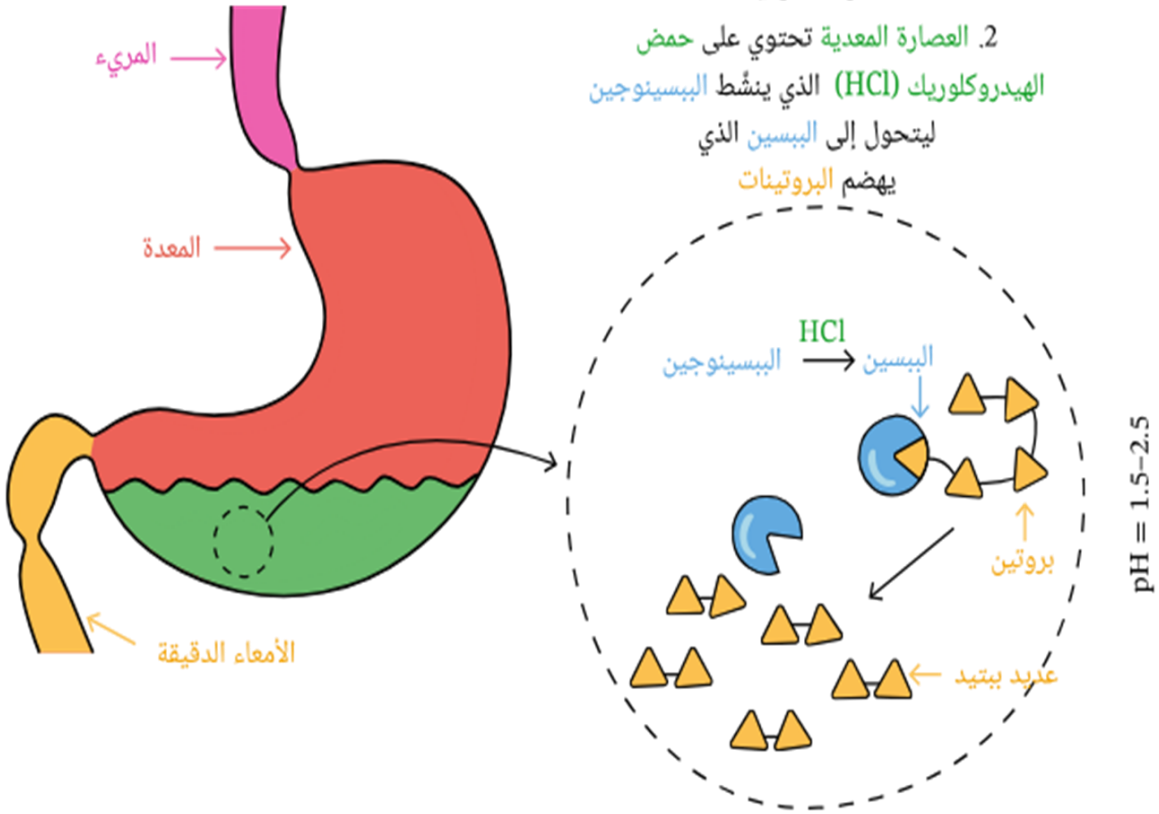
الهضم الكيميائي:تكسير الطعام عن طريق الانزيمات

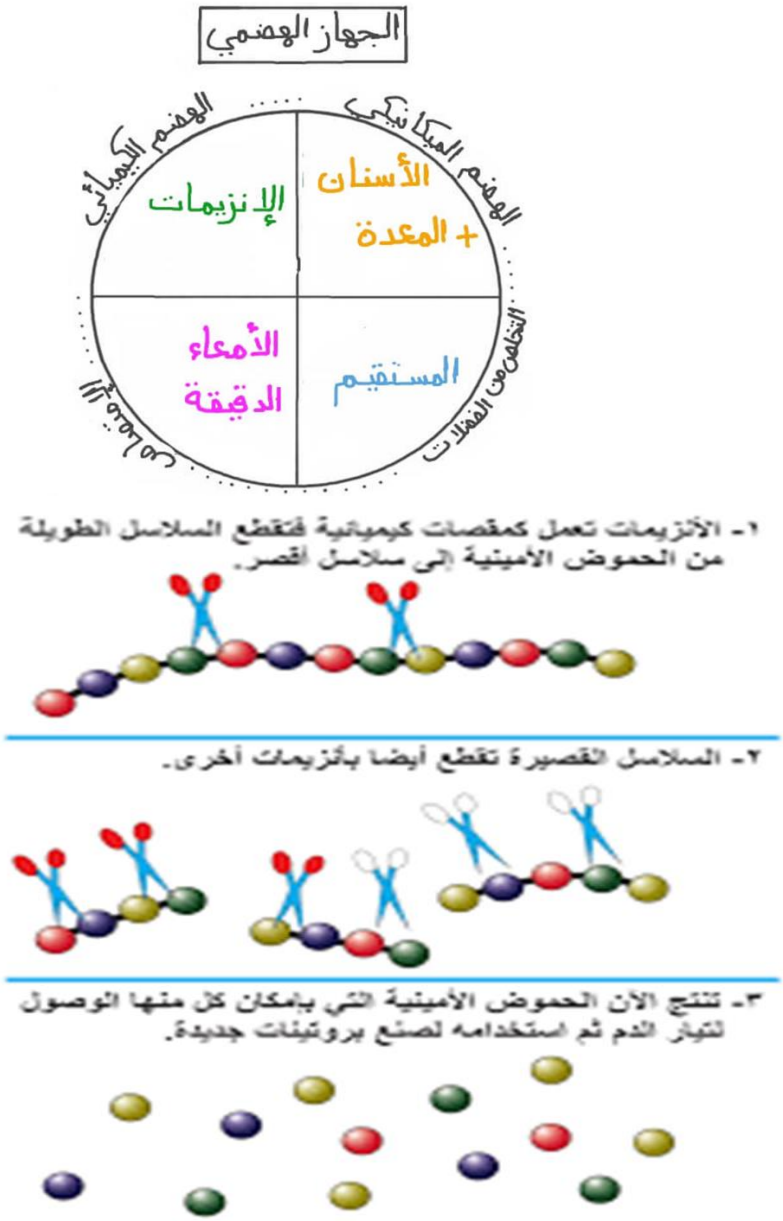




1. يعمل انقباض عضلات جدران المعدة
على هضم الطعام ميكانيكيًا
(الحركة الدودية)

2. العصارة المعدية تحتوي على حمض
الهيدروكلوريك (HCl) الذي ينشِّط البيبسينوجين
ليتحول إلى البيبسين الذي
يهضم البروتينات





١-الهضم في الفم:يتم طحن الغذاء بواسطة الأسنان وترطيبه جيداً باللعاب ومن ثم مضغه واللعاب هو عبارة عن سائل هلامي قلوي خفيف يرطب الغذاء ، كما أنه يذيب المركبات المعدنية والعضوية ، وأهم الأنزيمات في اللعاب :١-أنزيم الأميلاز.٢-انزيم المالتيز.

٢-الهضم في المعدة:بعد وصول الكتلة الغذائية إلى المعدة تبدأ بفرز عصارتها من الغدد المنتشرة على جدارها ، وهذه العصارة تحوي أنزيمات هاضمة وحمض كلور الماء الذي يحول الوسط القلوي للكتلة الغذائية إلى وسط حامضي وأهم الأنزيمات في المعدة. الببسين. -الرينين. - اللبيبيز. -الأميلوبسين.

الهضم في الأمعاء الدقيقة:ينتقل الغذاء من المعدة إلى الأمعاء الدقيقة التي تصيب فيها أربع عصارات هاضمة في البنكرياس – الأثني عشر – الغدة المعوية – وعصارة الصفراء . حيث يتم هضم باقي المركبات الغذائية ويتحلل الدسم إلى غليسريدات أحادية وثنائية وأحماض دهنية.

٤-الهضم في الأمعاء الغليظة:يتم هضم المواد كالسيللوز والهيميلسليلوز وذلك بفعل بعض الخمائر .

انزيمات الجهاز الهضمي

تُنتج الغدد اللعابية والبنكرياس إنزيم الأميليز، الذي يُكسِّر النشا إلى مالتوز (الذي يُكسَّر بعد ذلك إلى جلوكوز). ويعمل هذا الإنزيم في الفم، المتصل بالغدد اللعابية، وفي الأمعاء الدقيقة .

تُنتَج إنزيمات الليبيز، التي تُكسِّر الليبيدات إلى جليسرول وأحماض دهنية، في البنكرياس، وتعمل في الأمعاء الدقيقة .

تُنتَج إنزيمات البروتييز، التي تُكسِّر البروتينات إلى عديدات الببتيد أو الببتيدات أو الأحماض الأمينية، في البنكرياس أو الأمعاء الدقيقة أو المعدة، وتعمل في الأمعاء الدقيقة والمعدة.

الإنزيمات القليلة جدًّا التي يمكن أن تنجو في المعدة المليئة بحمض الهيدروكلوريك الذي تفرزه بطانة المعدة كجزء من العصارة الهضمية، لحماية باقي أجزاء الجهاز الهضمي من الكائنات الحية الدقيقة التي تُسبِّب الأمراض. لذلك فإن الرقم الهيدروجيني الأمثل للببسين منخفض جدًّا (1.5–2.5) ليتمكَّن من العمل بفعالية في هذه الظروف الحمضية. في الواقع، تفرز بطانة المعدة الببسينوجين، الذي لا ينشَّط أو يتحوَّل إلى ببسين إلا في الظروف الحمضية التي يوفِّرها حمض الهيدروكلوريك.

مثال آخر على إنزيم البروتييز هو إنزيم التربسين، وكما ذكرنا سابقًا، فإنه يُنتَج عن طريق تحويل التربسينوجين من خلال إنزيم الإنتيروكينيز فيالأمعاء الدقيقة. يواصل التربسين عمل الببسين، بتكسير الببتيدات وعديدات الببتيد، إلى وحدات فرعية من الأحماض الأمينية. ويكون الرقم الهيدروجيني الأمثل للتربسين (9) أكبر من الرقم الهيدروجيني الأمثل للببسين. تتوافر هذه الظروف القلوية في الأمعاء الدقيقة من خلال إفرازات عصارة البنكرياس، التي تحتوي على بيكربونات الصوديوم، وتُعادل حموضة أي مادة تدخل إلى الأمعاء الدقيقة من المعدة.

الجدول 1: جدول يقارن بين الركائز والنواتج والصور غير النشطة ومواقع الإنتاج ومواقع العمل لإنزيمَي البروتييز «الببسين» و«التربسين».

الصورة النشطة	الببسين	التربسين
الصورة غير النشطة	الببسينوجين	التربسينوجين
كيف يتم تنشيط الصورة غير النشطة؟	يتحوّل إلى ببسين في وجود حمض الهيدروكلوريك في العصارة الهضمية	يتحوّل إلى تربسين في وجود إنزيم الإنتيروكينيز
موقع الإنتاج	المعدة	يفرز البنكرياس التربسينوجين الذي يتحوّل في الأمعاء الدقيقة إلى تربسين
موقع العمل	المعدة	الأمعاء الدقيقة
الركيزة	البروتينات	البتيدات/عديدات البتيد
الناتج	البتيدات/عديدات البتيد	الأحماض الأمينية
الرقم الهيدروجيني الأمثل	1.5–2.5	9 تقريبًا

الجدول 2: جدول يلخّص الركائز والنواتج ومواقع الإنتاج ومواقع العمل لإنزيمات الأميليز (باللون الأخضر) والبروتييز (باللون الوردي) والليبيز (باللون البرتقالي).

مجموعة الإنزيمات	الركيزة	الناتج	موقع الإنتاج	موقع العمل
الأميليز	النشا	المالتوز (الذي يُكسّر بعد ذلك إلى جلوكوز بواسطة إنزيمات المالتيز)	الغدد اللعابية والبنكرياس	الفم والأمعاء الدقيقة
البروتييز	البروتينات	عديدات البتيد أو الأحماض الأمينية	المعدة والبنكرياس والأمعاء الدقيقة	المعدة والأمعاء الدقيقة
الليبيز	الليبيدات	الجليسرول والأحماض الدهنية	البنكرياس	الأمعاء الدقيقة

هناك العديد من الإنزيمات المهمة في الجهاز الهضمي التي تساعد على هضم الطعام وتحويله إلى مكوناته الغذائية الأساسية. وفيما يلي بعض الإنزيمات الهضمية الرئيسية ووظائفها:

الأميليز: وظيفته: تحطيم الكربوهيدرات المعقدة (النشويات) إلى سكريات بسيطة. المصدر: يفرز في اللعاب والبنكرياس.

البروتيز: - وظيفته: تحطيم البروتينات إلى ببتيدات وأحماض أمينية .

- المصدر: يفرز في المعدة والبنكرياس.

ليبز: - وظيفته: هضم الدهون بتحطيمها إلى أحماض دهنية وجليسرول .

- المصدر: يفرز في البنكرياس والأمعاء الدقيقة.

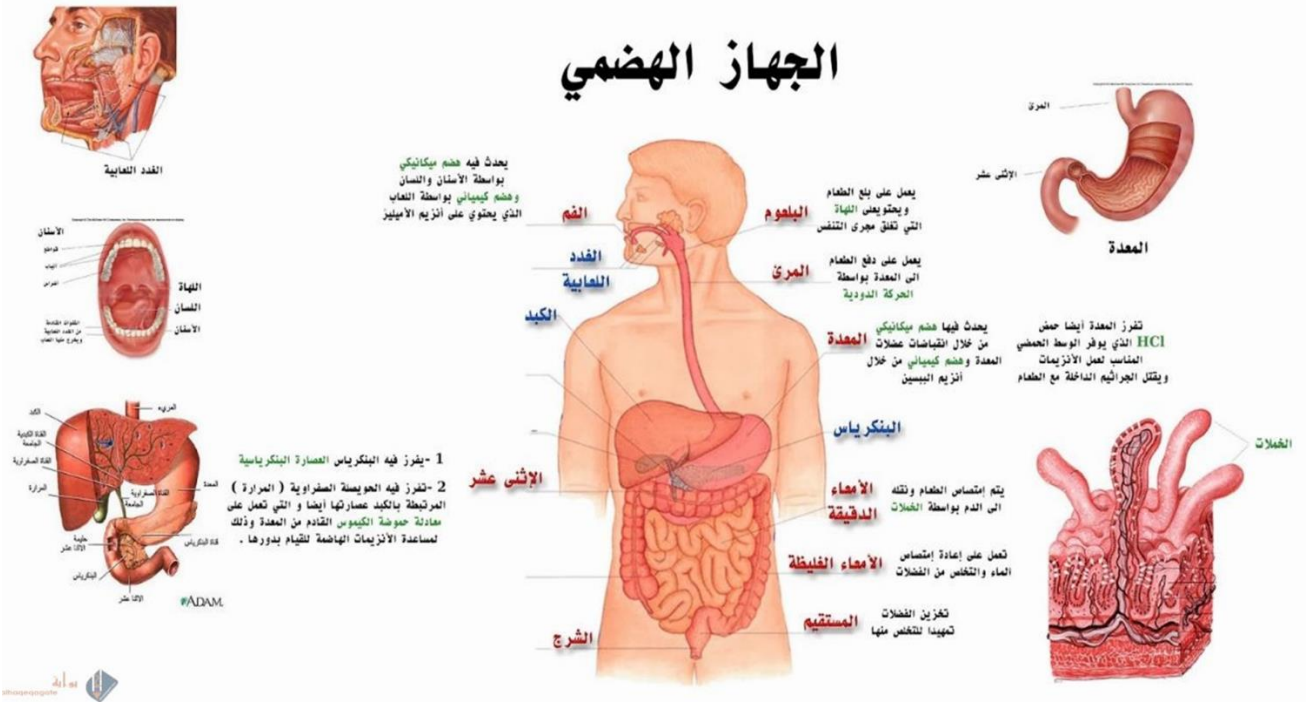
لكتز: - وظيفته: هضم اللاكتوز (السكر الموجود في الحليب) إلى جلوكوز وجلاكتوز. المصدر: يفرز في الأمعاء الدقيقة.

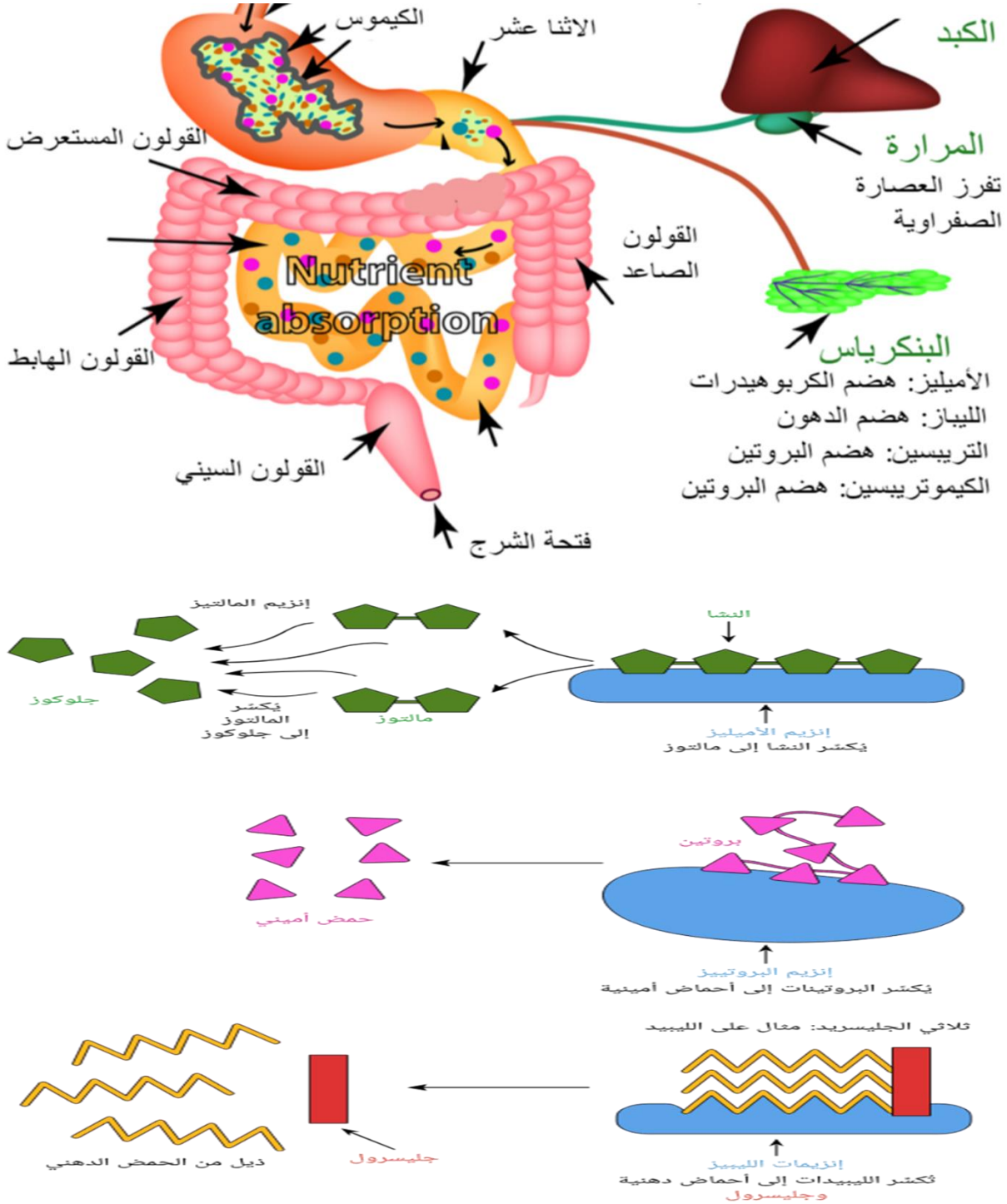
السكراز: - وظيفته: هضم السكروز (السكر العادي) إلى فركتوز وجلاكوز .

- المصدر: يفرز في الأمعاء الدقيقة.

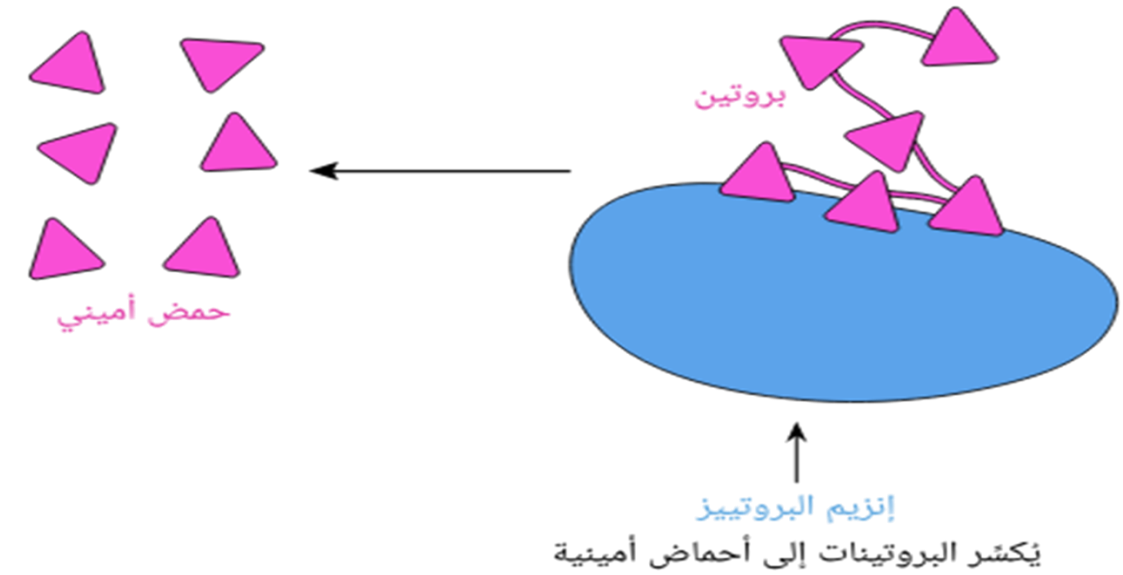
النوكلياز: - وظيفته: هضم الحمض النووي) الـ DNA و (RNA إلى نوكليوتيدات. - المصدر: يفرز في البنكرياس.

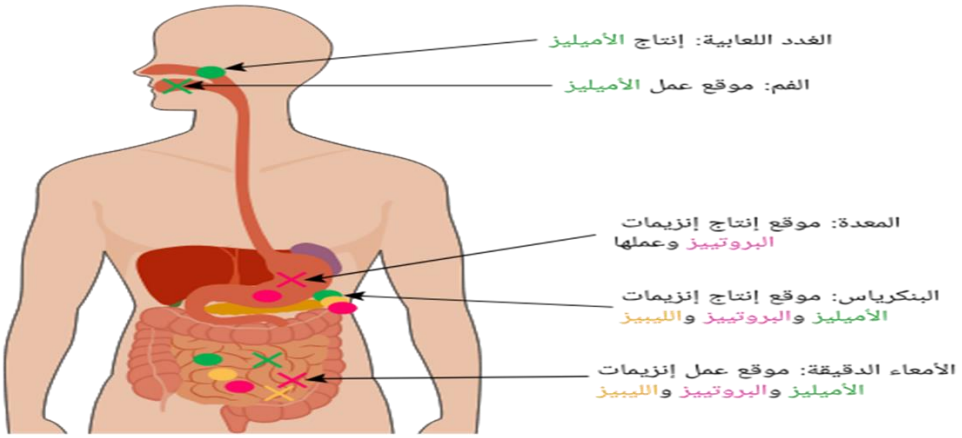
هذه هي بعض الإنزيمات الهضمية الرئيسية، وهناك أيضًا إنزيمات أخرى مهمة مثل البيبسين والكولاجيناز والليبوبروتيناز والأمينوببتيداز، وتختلف المصادر والوظائف لهذه الإنزيمات حسب المكون الهضمي الذي تفرز فيه والمواد الغذائية التي تتعامل معها.



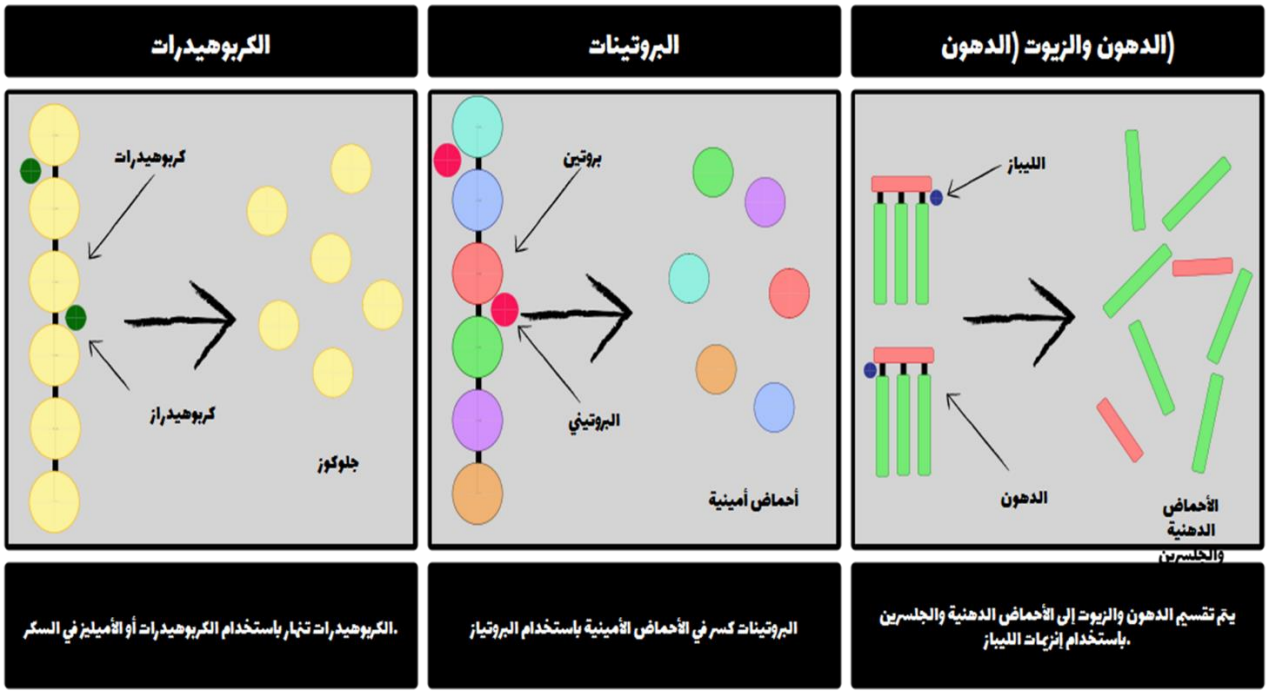


الشكل 4: شكل يوضّح الإنزيمات الرئيسية الثلاثة المشاركة في عملية الهضم، وهي تُكسّر ثلاثة بوليمرات كبيرة إلى وحدات المونومر الفرعية الخاصة بها.





الشكل 5: شكل يوضّح الأعضاء الرئيسية للجهاز الهضمي في جسم الإنسان؛ حيث توجد مواقع الإنتاج (الموضّحة بالدوائر)، ومواقع العمل (الموضّحة بالعلامة ×) لإنزيمات الأميليز باللون الأخضر، وإنزيمات البروتييز باللون الوردي، وإنزيمات الليبيز باللون البرتقالي.



إنشاء الخاصة بك في Storyboard That

الامتصاصAbsorption

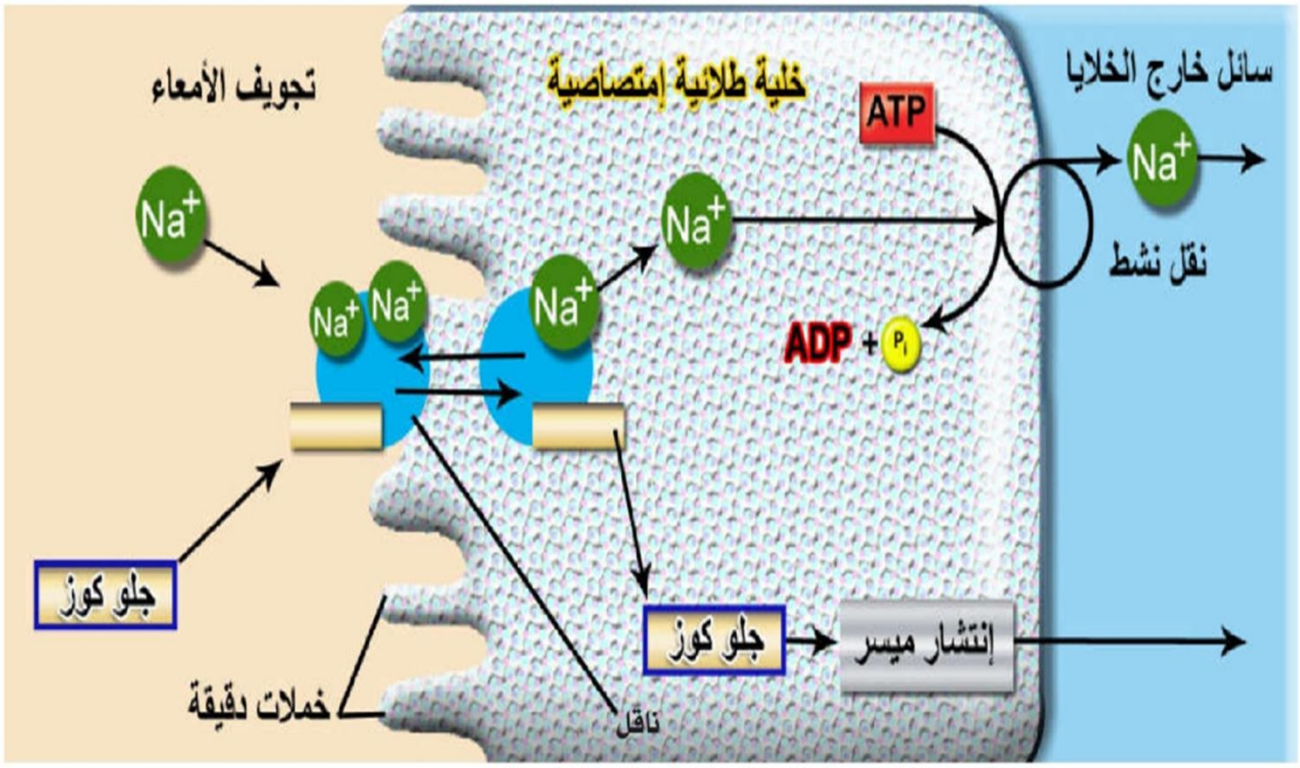
معطه يقصد بالامتصاص العمليات التي يتم بها نقل جزيئات الغذاء الصغيرة monomers عبر الخلايا الطلائية للقناة الهضمية إلى الأوعية الدموية أو الليمفية المارة بذلك الجزء من القناة الهضمية.

هضم الكربوهيدرات يشمل سلسلة من العمليات الهضمية التي تحدث في الجهاز الهضمي لتحطيم الكربوهيدرات المعقدة إلى سكريات بسيطة قابلة للامتصاص والاستفادة منها. وفيما يلي خطوات هضم الكربوهيدرات:1. الفم: - الأميليز اللعابية: يفرز في اللعاب ويبدأ بتحطيم النشويات (كربوهيدرات معقدة) إلى سكريات متوسطة.2. المعدة: - الأميليز المعدي: يفرز في العصارة المعديّة ويستمر في هضم النشويات.3. البنكرياس: - الأميليز البنكرياسية: يفرز في العصارة البنكرياسية التي تنتقل إلى الأمعاء الدقيقة. يكمل هضم النشويات المتبقية.4. الأمعاء الدقيقة: - السكراز: يفرز في الأمعاء الدقيقة ويقوم بتحطيم السكروز إلى فركتوز وجلاكوز. - اللكتاز: يفرز في الأمعاء الدقيقة ويقوم بتحطيم اللاكتوز إلى جلوكوز وجلاكتوز. - الأميليا الأمعائي: يفرز في الأمعاء الدقيقة ويكمل هضم النشويات المتبقية.

الامتصاص:

يكون امتصاص نواتج هضم كربوهيدرات أعلى ما يمكن في الاثني عشر والصائم العلوي ويتناقص تدريجيا ابتداء من نهاية الصائم. السكريات الأكثر امتصاصا هي جلوكوز وجلاكتوز وفركتوز أما السكريات الأخرى فهي أقل امتصاص.

ينقل جلوكوز وجلاكتوز نقلا نشطا معتمدا على صوديوم (نقل نشط ثانوي) عبر الحافة الفرشاة، حيث يتنافس كل من جلوكوز وجلاكتوز على الناقل المشترك الذي يمتلك موقعي ارتباط الصوديوم وموقع واحد للسكر . وحيث أن تركيز "Na داخل الخلايا الطلائية (خلايا الحافة الفرشاة) أقل من تركيزه في تجويف الأمعاء المجاور لذا فإن صوديوم ينتقل مع فرق التركيز وتستغل طاقة انتقاله مع فرق التركيز لتمويل نقل جلوكوز أو جلاكتوز ضد فرق تركيزهما. نتقلان عبر الأغشية الجانبية والقاعدية بواسطة الانتشار الميسر باستخدام ناقل ثم يعبران إلى السائل خارج الخلايا فالأوعية الدموية. أما فركتوز فإنه لا يتنافس مع جلوكوز وجلاكتوز على الناقل نفسه بل ينتقل تقريبا بالسرعة نفسها إلى داخل الخلية وذلك باستخدام ناقل خاص به بعملية الانتشار الميسر، لكنه يخرج بعد ذلك من الخلية باستخدام الناقل نفسه الخاص بجلوكوز ولذا فإنه يتنافس مع جلوكوز وجلاكتوز في الخروج من الخلية إلى السائل خارج الخلايا.



هضم البروتينات

هضم البروتينات يتضمن سلسلة من العمليات الهضمية التي تحدث في الجهاز الهضمي لتحطيم البروتينات إلى ببتيدات وأحماض أمينية الصغيرة التي يمكن امتصاصها واستخدامها في الجسم.
وفيما يلي خطوات هضم البروتينات: المعدة: - الببسين: يفرز في العصارة المعديّة ويبدأ في تحطيم البروتينات إلى ببتيدات أصغر.2. البنكرياس: - البروتياز البنكرياسية: يفرز في العصارة البنكرياسية التي تنتقل إلى الأمعاء الدقيقة. يكمل هضم البروتينات المتبقية إلى ببتيدات أصغر.3.

الأمعاء الدقيقة: - الببتيداز: يفرز في الأمعاء الدقيقة ويقوم بتحطيم الببتيدات إلى أحماض أمينية صغيرة.

امتصاص البروتينات

يتم امتصاص حوالي 50 % من نواتج هضم البروتينات في الاثني عشر ويساهم الصائم بامتصاص جزء كبير مما تبقى. تمتص الأحماض الأمينية المفردة عبر الحافة الفرشاة بواسطة أنظمة ناقلة شبه نوعية المجموعات الأحماض الأمينية، فالأحماض الأمينية المتعادلة لها ناقل والقاعدية لها ناقل وهكذا، ويكون النقل عادة نقلا نشطا ثانوية معتمدة على صوديوم. تنقل الأحماض الأمينية بعد ذلك من داخل الخلايا عبر الأغشية الجانبية القاعدية باستخدام نواقل جديدة مختلفة عن تلك الموجودة في الحافة الفرشاة ويكون النقل معتمدا على صوديوم أحيانا، كما لا يكون معتمدا عليه في أحيان أخرى.

كذلك تمتص بعض ثنائيات وثلاثيات الببتيد عبر الحافة الفرشاة ويكون النقل هنا أيضا نقلا نشطا ثانويا ولكنه معتمد على نقلH ، ويكون معدل نقل بعض هذه الببتيدات القصيرة أسرع من نقل الأحماض الأمينية المفردة فقد وجد مثلا أن نقل ثلاثي بيتيد جلايسين يكون أسرع من نقل جلايسين المفرد. تكون النواقل للببتيدات القصيرة غير نوعية إذ أن نظاما ناقلا واحدا يقوم بنقل مختلف تشكيلات الببتيدات القصيرة. حال دخول الببتيدات القصيرة إلى سيتوبلازم الخلايا الطلائية تهضم إلى أحماض أمينية مفردة بواسطة أنزيمات محللة الببتيدات السيتوبلازمية حيث تنقل بعد ذلك كأحماض أمينية مفردة إلى الدم.

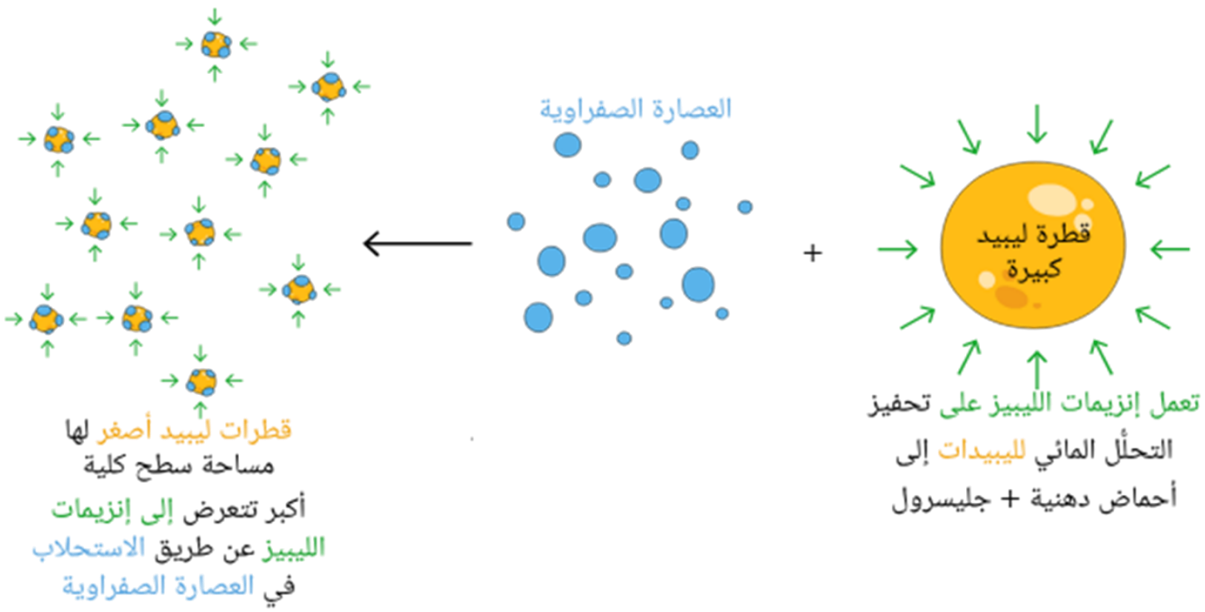
أما البروتينات والببتيدات الطويلة فإنها لا تمتص عادة في الإنسان بكميات مهمة ولكن يمكن أن يمتص بعضها أحيانا دون هضم الأمر الذي يثير تفاعلات مناعية في الجسم إذ يعدها الجسم أجساما غريبة مولدة للضد antigens، ولكن في بعض المجترات والقوارض يمكن أن تمتص بعض البروتينات المناعية بكاملها مع حليب اللبا الأمر الذي يعطي هذه الحيوانات مناعة مكتسبة من الأم.

هضم الدهون

عصارة الصفراوية هي مادة يفرزها الكبد وتُخزَّن في المرارة قبل أن تنتقل إلى الاثني عشر، أي الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة. وتختلط العصارة الصفراوية داخل الاثني عشر بالعصارة البنكرياسية والعصارة المعوية.

العصارة الصفراوية مسئولة عن استحلاب الدهون (الليبيدات) وتكسيرها إلى كريات أصغر تُسمَّى «قطرات المستحلب». وتقوم العصارة الصفراوية بذلك لأن الليبيدات غير قابلة للذوبان في الماء، لكن الإنزيمات التي تكسِّر الدهون قابلة للذوبان في الماء. يعني الاستحلاب تعرُّض مساحة سطح أكبر من الدهون إلى إنزيمات يمكنها هضم هذه الدهون، كما هو موضح في الشكل الآتي. ويؤدي ذلك إلى رفع كفاءة التحلُّل المائي لليبيدات، ومن ثمَّ تتكسر هذه الليبيدات بشكل أسرع وأكثر فعالية.

يحتوي ايضا البنكرياس أيضًا على إنزيمات الليبيز التي تحفِّز التحلُّل المائي لليبيدات إلى أحماض دهنية وجليسرول.



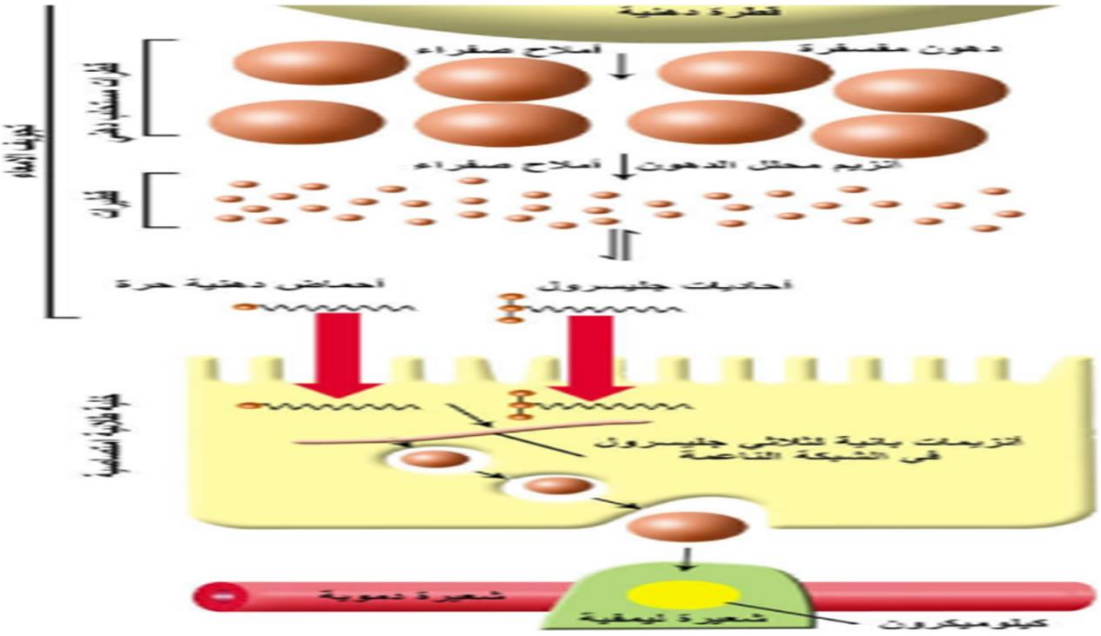
امتصاص الدهون

تمتص معظم الدهون في الاثني عشر والصائم، فما أن يصل الغذاء منتصف الصائم حتى يكون قد أمتص منه معظم الدهون ولكن دهونا أخرى تتشكل لاحقا في القولون بفعل عمل البكتيريا على الخلايا الطلائية المتقشرة.

لقد تركنا نواتج هضم الدهون في خطوة سابقة وقد شكلت قطيرات صغيرة تضم أملاح الصفراء والفيتامينات الذائبة بالماء بالإضافة إلى نواتج هضم الدهون وهي الأحماض الدهنية الحرة وأحاديات جلسرول ودهون مفسفرة وكوليسترول. تنتشر القطيرات بين الخملات الدقيقة المكونة للحافة الفرشاة وتدخل طبقة السائل المائي غير المضطربة المحاذية لهذه الحافة. وما أن تصل هناك حتى تبدأ منتجات الهضم (وكلها ذائبة بأغشية الخلايا بدرجة أو بأخرى) بالتحرر تدريجيا وبعبور غشاء الحافة الفرشاة. وتساعد الحافة الفرشاة عبور هذه المواد إلى داخل الخلايا إذ تحتوي على نواقل لها، فهناك ناقل للأحماض الدهنية معتمد على صوديوم يقوم بنقل الأحماض الدهنية طويلة السلسلة وآخر يسهل عبور كوليسترول.

دى دخول نواتج الهضم إلى الخلايا تتجمع في الشبكة الإندوبلازمية الملساء، إذ يوجد في غشائها بروتينات رابطة أحدها خاص بربط الأحماض الدهنية والآخر بربط كوليسترول. ويؤكد امتلاء الشبكة الإندوبلازمية الملساء للخلايا الطلائية بالدهون عقب الوجبة مباشرة حقيقة تجمع الدهون في ذلك الجزء من الخلايا. وفي الجزء ذاته من الخلية تجرى إعادة ترتيب للدهون إذ تتجمع أحاديات جلسرول مع أحماض دهنية لتشكيل ثلاثيات جلسرول ثانية كما تتشكل دهون مفسفرة وتجري أسترة كوليسترول أيضا. يتكون من هذه التراكيب الجديدة قطيرات جديدة قطرها حوالي 10 نانومترات تدعى كايلوميكرون .chylomicrons تشكل الدهون المفسفرة في هذه القطيرات السطح الخارجي الذي يحاط جزئية أيضا بطبقة من البروتينات الدهنية - lipoprotein 8 تنتجها طلائية الأمعاء.

تقذف كايلوميكرونات من الخلية الطلائية بعملية إخراج خلوي exocytosis باتجاه الدم، وحيث أنها كبيرة الحجم لتخترق الغشاء القاعدي للشعيرات الدموية لذا فإنها تدخل الشعيرات الليمفية lacteals الموجودة في الحملات وتذهب في الليمف مع القناة الصدرية.



جدر الإشارة كذلك إلى أن الفيتامينات الذائبة بالدهون (أ، د، ه، ك) تمتص بطريقة مماثلة لنواتج هضم الدهون، إذ أنها تدخل في تركيب القطيرات، كما أنها تنتشر منها عبر أغشية الحافة الفرشاة وتدخل في تركيب كايلوميكرونات وتنقل مع الليمف. ولهذا فإن وجود الدهون في الغذاء ووجود أملاح الصفراء ذو أثر كبير في تحسين امتصاص الفيتامينات الذائبة بالدهون. أما إذا لم تتوفر الدهون في الغذاء وأملاح الصفراء فإن كمية قليلة من الفيتامينات تمتص وتدخل إلى الدم.

كما تجدر الإشارة إلى أن امتصاص أملاح الصفراء لا يتم مبكرا في الأمعاء إذ يتم الجزء الأكبر منه في اللفائفي ويكون النقل عادة أما بواسطة نقل نشط ثانوي معتمد على "Na أو بواسطة الانتشار البسيط. وعندما تدخل الدورة البابية فإنها تعاد إلى الكبد حيث تستخلص هذه الأملاح ثانية ويضاف لها أملاح مفرزة جديدة وقد أشرنا لهذه الدورة بأنها دورة معوية كبدية enterohepatic circulation.

تمتص القناة الهضمية حوالي 99 % من الماء والأيونات التي تصل إليها مع الغذاء، والقاعدة العامة التي تحكم نقل هذه المواد هي وجود فرق تركيز لهذه المواد بين داخل تجويف الأمعاء والدم. فإذا كان تركيز هذه المواد داخل التجويف أعلى منه في الدم فإن الامتصاص يحدث باتجاه الدم، أما إذا كان تركيزها في الدم أعلى منه في تجويف الأمعاء فإنه سيتم إفرازها باتجاه التجويف. في الغالب يتم

الامتصاص في الأجزاء العليا من الأمعاء أما الإفراز فإنه، إن حدث، يتم في الأجزاء الخلفية من القناة الهضمية.

يتم امتصاص حوالي 8 - 9 لترات من الماء في اليوم (2 لتر على هيئة ماء وشراب يتناوله المرء و7 لتر على هيئة إفرازات العصارات المختلفة) ولا يخرج من هذه الكمية مع البراز إلا حوالي 200 مللتر / يوم. يمتص معظم الماء في الصائم وبدرجة أقل في اللفائفي. ويساهم القولون في امتصاص كمية من الماء تصل إلى حوالي 400 مللتر/يوم. وعلى الرغم من أن الاثني عشر شديد النفاذية للماء إلا أن الغذاء القادم من المعدة يكون شديد التركيز hypertonic فيفرز الماء من الدم باتجاه تجويف الاثني عشر لكي يخفف تركيز الغذاء.

الاخراج

عند دخول مخلفات الغذاء غير الممتصة إلى المستقيم فإنها تسبب تمدد جدرانه. عندما يقرر المرء الإخراج فإن العضلة العاصرة الخارجية ترتخي كما تنقبض عضلات المستقيم محاولة دفع البراز feces باتجاه الخارج. يتم تسريع والتي بها يجري إغلاق فتحة المزمار ثم محاولة الزفير مما يزيد الضغط داخل الصدر والضغط على محتويات البطن حيث تنقبض كذلك عضلات البطن ويؤدي ذلك كله إلى دفع العضلات نحو الخارج. كذلك تسهل عملية الإخراج بقبض العضلة الرافعة للشرج إذ يجري سحب قناة الشرج إلى الأعلى مما يدفع البراز خارج الشرج.

لتمثيل الغذائي (الأيض)

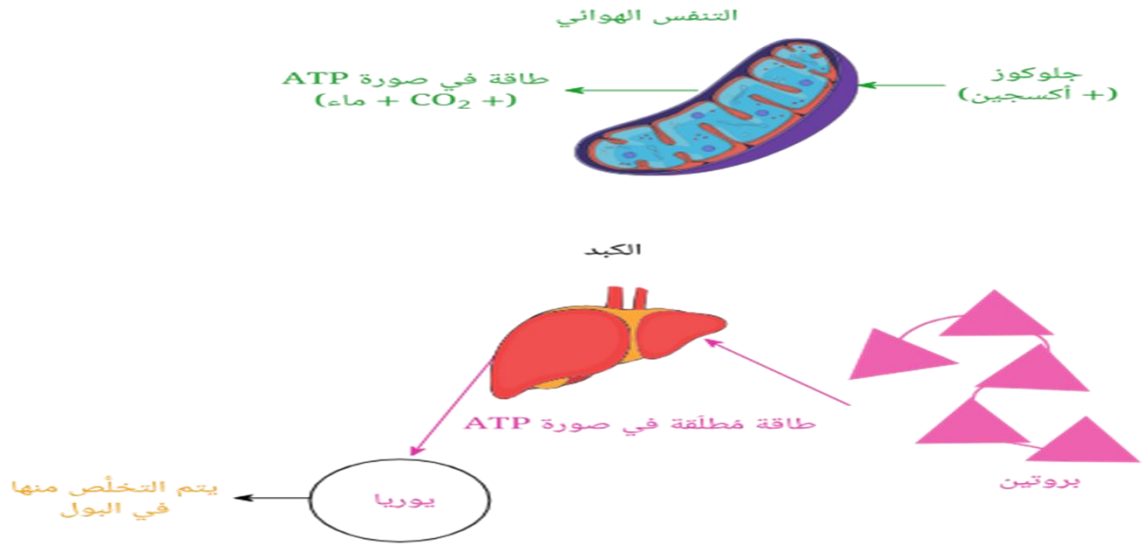
يُشير الأيض إلى جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل الكائنات الحية للحفاظ على الحياة.

يحدث البناء عندما تُكوِّن التفاعلات الأيضية جزيئات كبيرة من وحدات أصغر، ويتطلَّب ذلك جزيئات.ATP

حدث الهدم عندما تكسِّر التفاعلات الأيضية الجزيئات الكبيرة إلى وحدات أصغر، وهو ما يؤدي إلى إطلاق جزيئات.ATP

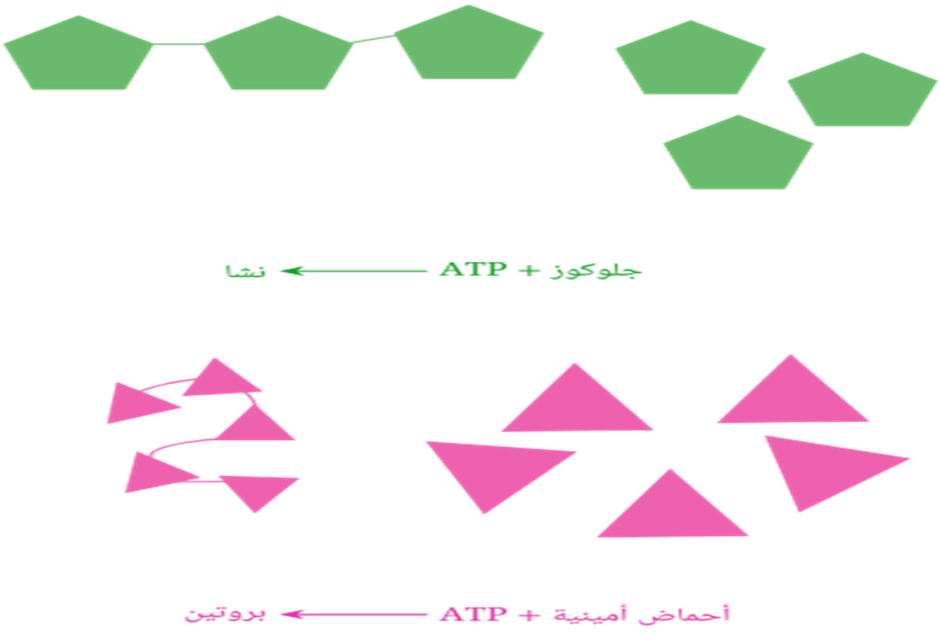
تفاعلات البناء والهدم نوعان من التفاعلات الأيضية التي تحدث داخل خلايا الكائنات الحية لمساعدتها في البقاء على قيد الحياة. بينما تحدث تفاعلات البناء لتكوين جزيئات كبيرة من وحدات أصغر، تُكسِّر تفاعلات الهدم الجزيئات الكبيرة إلى وحدات أصغر. تحتاج تفاعلات البناء إلى الطاقة في صورة جزيئات ATP لتكوين هذه الجزيئات الكبيرة، وتُطلِق تفاعلات الهدم جزيئات ATP عندما تتكسَّر الجزيئات الكبيرة.

الأحماض الأمينية والجلوكوز عبارة عن جزيئات صغيرة تتكسَّر من البروتينات والكربوهيدرات على الترتيب. وتُعَد عملية تكسير هذه الجزيئات الكبيرة في جهازنا الهضمي مثالًا على تفاعلات الهدم، وإطلاق الطاقة. هناك مثال آخر على تفاعلات الهدم، كما هو موضَّح في الشكل (2)، وهو التنفس الهوائي. تكسِّر الميتوكوندريا الجلوكوز لإطلاق جزيئات ATP. وتقوم خلايا الكبد بعدد كبير من التفاعلات الأيضية. يساعد أحد تفاعلات الهدم في خلايا الكبد في تحويل البروتينات الزائدة إلى اليوريا. تحرّر عملية تكسير البروتينات الطاقة في صورة جزيئات ATP. يُستخدم جزء من هذه الطاقة لتكوين اليوريا، التي يتخلَّص منها الجسم بعد ذلك في البول.



الشكل 2: مخطَّط يلخِّص أمثلة تفاعلات الهدم التي تحدث في جسم الإنسان.

عند وجود الأحماض الأمينية والجلوكوز في خلايا الجسم، يمكن استخدامها لتكوين مجموعة متنوعة من البروتينات والكربوهيدرات، وفقًا لاحتياج الخلايا. هذه العمليات، الموضَّحة في الشكل (3)، أمثلة على تفاعلات البناء التي تتطلَّب طاقة في صورة ATP.



الشكل 3: مخطّط يوضّح أمثلة تفاعلات البناء التي تحدث في الخلية.

الجهاز الوعائي القلبي (الجهاز الدوري)

يتكوَّن الجهاز القلبيّ الوعائيّ (الدَّورانيّ) من القلب و الأوعية الدَّمويَّة،حيثُ يضخ القلبُ الدمَ إلى الرئتين ليتمكَّن من الحُصول على الأكسجين، ومن ثمَّ يقوم بضخ الدَّم الغنيّ بالأكسجين إلى الجسم.يقوم الدَّم في الدوران بتزويد نُسج الجسم بالأكسجين والمواد المُغذِّية، ويزيل الفضلات (مثل ثاني أكسيد الكربون) من النُّسج.

يتموضَّع القلب، وهو عُضوٌ عضليّ مُجوَّف، في وسط الصَّدر،وله جانبان، أيمن وأيسر،ويُوجد على كل جانب منه.

أذين: أي الحُجيرة العلويَّة التي تجمع الدَّم وتضخّه إلى الحُجيرة السفلية

بُطين: أي الحُجيرة السفلية التي تضخّ الدمَ خارج القلب

يُوجد على كل بطين صِمام للدخول "مدخل" وصِمام للخروج "مخرَج"، بحيث يتدفَّق الدَّم في اتجاهٍ واحدٍ فقط.

القلب عضلة مجوفة لها شكل مخروطي وهي مغطاة بغشاء يسمى التأمور، والتأمور كيسٌ ليفي مصلي يتكون من جزأين: التأمور الليفي والذي يتصل بالرباط الأوسط للحجاب الحاجز، والتأمورِ المصلي والذي يتصل مباشرة بالقلب. ثم تأتي عضلة القلب وهي ذات خصائص تختلف عن غيرها من العضلات (العضلات الهيكلية و العضلات الملساء) وتقوم بالانقباض بشكل متكرر مدى الحياة.

البنية الداخلية

توجد صمامات أذينية بطينية تسمح بمرور الدم من الأذينين للبطينين دون رجوعه في الإتجاه المعاكس، يفصل بين كل أذين وبطين صمام أذيني بطيني؛ يفصل بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر الصمامُ المترال، وبين الأذين الأيمن والبيطين الأيمن الصمامُ ثلاثي الشرفات.

وتوجد صمامات هلالية في قاعدة كل شريان صادر من القلب: فالصمام الأبهري يفصل بين البطين الأيسر والأبهر، والصمام الرئوي يفصل بين البطين الأيمن والشريان الرئوي. وهذه الصمامات هلالية الشكل تسمح بمرور الدم من البطين إلى الشريان المنطلق منه دون رجوعه للاتجاه المعاكس.

الشرايين والأوردة

الشرايين هي الأوعية الدموية التي تنقل الدم من القلب إلى أعضاء أخرى، تنقل إلى الرئتين دم محمل بثنائي أكسيد الكربون عبر الشريان الرئوي لتنقيته, أما الأبهر فينقل الدم المؤكسج إلى الأعضاء التي تحتاج الأكسجين لإتمام عمليات استقلابها.

الأوردة هي الأوعية التي تعيد الدم من الأعضاء إلى القلب، يكون الدم في الأوردة الرئوية مؤكسجاً لأنه يعود من الرئتين إلى القلب. في حين يكون الدم محملاً بثاني أكسيد الكربون في الأوردة العادية عندما يعود الدم من الأعضاء إلى القلب.

أطوار الدورة القلبية

ارتخاء الأذينين والبطينين

في هذه الحالة يكون الأذينان يستقبلان الدم من الأوردة، أما البُطينان فهما قد أنهيا حالة انقباض للتو. تفتح الصمامات الأذينية البطينية، ويبدأ البطينان بالانبساط ليستوعبا الدم الآتي من الأذينين.

انقباض الأذينين

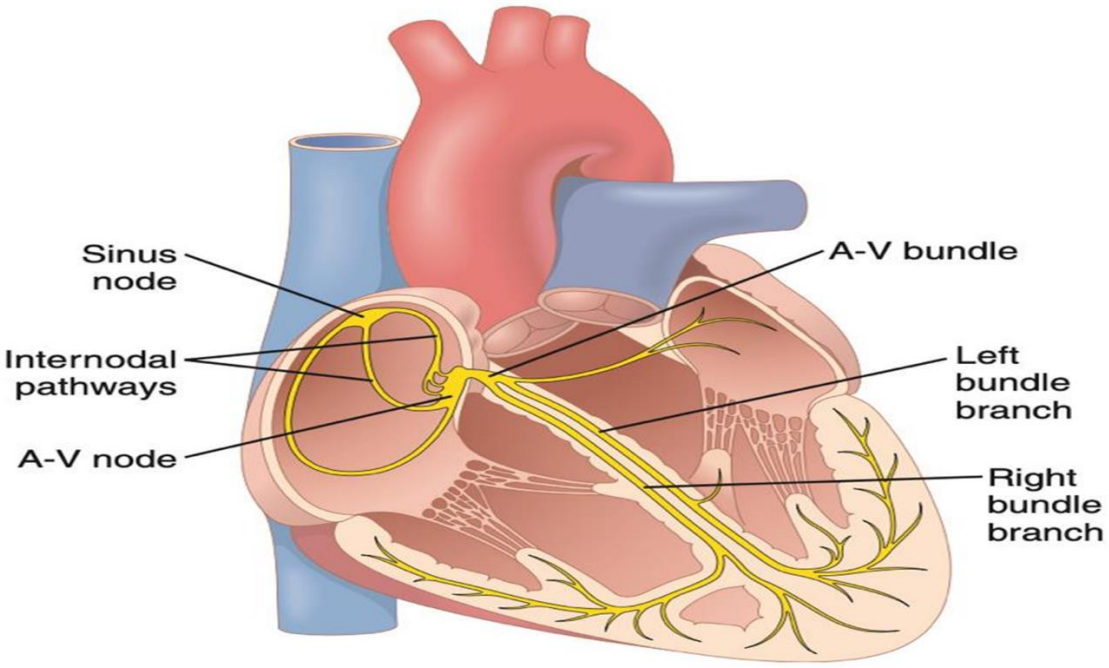
الدم يدخل عن طريق انقباض الأذينين. يأتي انقباض الأذينين تالياً لحالة إزالة الاستقطاب التي انتشرت في الأذينين. انقباض الأذينين يؤدي إلى زيادة ضغط الدم في الأذينين ما يدفع الدم إلى البطينين بسبب فرق الضغط. بعض الدم يعود للأوردة بسبب عدم وجود صمامات أحادية الاتجاه تمنع رجوعها.

بداية انقباض البطينين

خلال انقباض الأذينين تكون موجة إزالة الاستقطاب تمر في العقدة الأذينية البطينية (AV node) والتي تقوم بتأخيرها قليلاً قبل أن تنشرها في البطينين، ثم تنشرها عبر ألياف بُركيني purkinji fibersلتصل إلى كامل البطينين ويبدآ بالانقباض. انقباض البطينين يجعل الدم يدفع السطح السفلي للصمامين الأذينيّين البطينيّين مسبباً إغلاقهما، وهو ما يمنع عودة الدم إلى الأذينين.

خلال انقباض البطينين تبدأ عضلات القلب في الأذينين بـإعادة الاستقطاب والارتخاء مرة أخرى لتستوعب الدم الآتي من الأوردة. الأذينان هنا يعملان بشكل مستقل عن البطينين لأن الصمام بينها مغلق.

في هذه المرحلة الصمامات الأربعة مغلقة (الأذينية البطينية والهلالية) ومع ذلك يستمر البطينان بالانقباض.



يستمر البطينان بالانقباض حتى يسببا فتح الصمامات الهلالية وبالتالي دفع الدم خارج البطينين إلى الشريان الأبهر (موصِلِ الدمِّ إلى أنحاء الجسم المختلفة) والجذع الرئوي (موصِلِ الدمِّ للرئتين للأكسجة)؛ فانقباض الأذينين يجعل الدمَّ الخارج منهما (ذا الضغط الأعلى) يستَبدل الدمَّ الموجود في الشرايين (ذا الضغط الأدنى). وهنا يكمل الأذينان التعبئة بالدم ويبقى الصمامان الأذينيان البطينيان مغلقين.

ارتخاء البطينين

بعد دفع البطينين للدم خارجاً يبدأ البطينان بالارتخاء، وهنا يصبح ضغط الدم الخارج للتو من البطينين أعلى من الباقي فيهما؛ فيبدأ الدم بالعودة إلا أن الدم نفسه يجعل الشُّرَف (cusps) للصمامات الهلاية تُغلق وتمنع رجوع الدم للبطينين. ثم يستمر البطينان بالانبساط وهنا لا تفتح الصمامات الأذينية البطينية لأن ضغط الدم في البطينين (مع أنه يتناقص) أكبر من ضغط الدم في الأذينين اللَّذَين ما زالا يستقبلان الدم (لتفهم هذا اعلم أن البطينين لا يفرغان أبداً من الدم بل تبقى فيهما كمية ما من الدم دائماً "40-50 مل في الوضع الطبيعي" وهنا يكون ضغط هذه الكمية كبيراً لأن البطينين في آخر جزء من مرحلة الانقباض وبالتالي ضغطها كبير وأكبر من ضغط الدم في الأذينين).

تعود الصمامات الأربعة لتصبح مغلقة من جديد ويستمر انبساط البطينين بدون تغيير في حجم الدم فيهما وتسمى هذه المرحلة بـانبساط البطينين إسْوِيّ الحجم. يستمر هذا الانبساط حتى يصبح ضغط الدم فيهما أقل من ضغط الدم في الأذينين فتفتح الصمامات الأذينية البطينية ويبدأ الدم بالتدفق إلى البطينين بينما هما يستمران في الارتخاء وتكمل الدورة كما بدأت.

تُشيرُ نبضات القلب إلى أنَّ القلب يقوم بضخّ الدَّم،ويصِفُ الأطبَّاء عادةً صوت نبض القلب بلفظ) لَب-دَب.(lub-dub عندما يستمع الأطباء لصوت نبضات القلب عن طريق السمَّاعة، يكُون أول صوت يسمعونه (صوت لَب في لفظ لَب-دَب) هُو صوت انغلاق الصِّمامين المترالِيّ والصمام ثلاثيّ الشُّرَف،أمَّا الصوت الثاني (دَب) فهو صوت انغلاق الصمام الأبهريّ والصمام الرئويّ.لكل نبضةٍ جزآن، هُما:

الانقباض: في أثناء الانقباض، يتقلص البُطينان ويضخَّان الدَّم خارج القلب، ويرتخي الأذينان ويبدآن بالامتلاء بالدَّم من جديد.

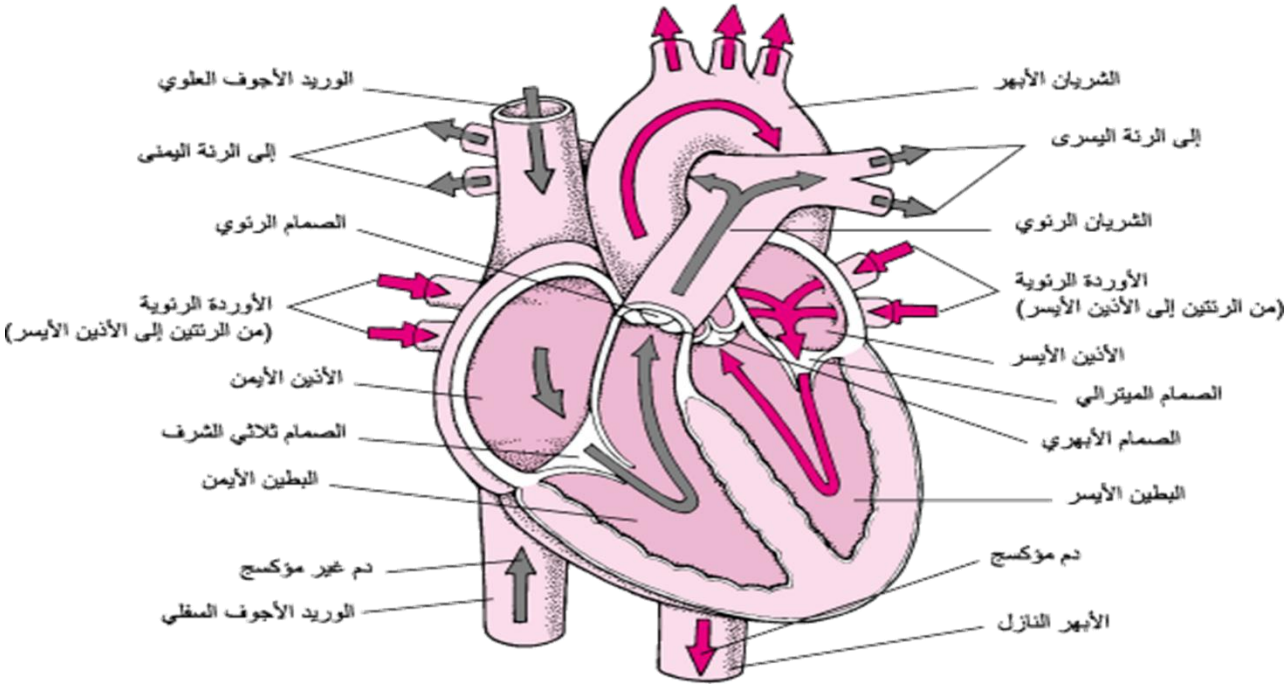
الانبساط: في أثناء الانبساط، يرتخي البُطينان ويمتلئان بالدَّم،ثمَّ يتقلَّص الأُذينان، ممَّا يدفع بالمزيد من الدم إلى البطينينِ.

وظيفة القلب

للقلب وظيفة واحدة فقط وهي ضخّ الدَّم.

يضخّ الجانب الأيمن من القلب الدَّمَ إلى الرئتين، حيث تجرِي إضافة الأكسجين إلى الدَّم، ويجري التخلُّص من ثاني أكسيد الكربون

يضخّ الجانب الأيسر من القلب الدَّمَ إلى بقية الجسم، حيث يجري تزويد النسج بالأكسجين والمواد المُغذِّية، ويجري نقل الفضلات (مثل ثاني أكسيد الكربون) إلى الدَّم للتخلُّص منها عن طريق أعضاءٍ أخرى (مثل الرئتين والكُلى).



كمية الدم التي يضخها القلب في الحالة الطبيعية تبلغ 4.5 إلى 5 لتر في الدقيقة, يمكن أن تزداد إلى ثلاثة أضعاف عند القيام يتمارين رياضية، وذلك بسبب الارتفاع بحجم الضربة القلبية خلال التمارين.

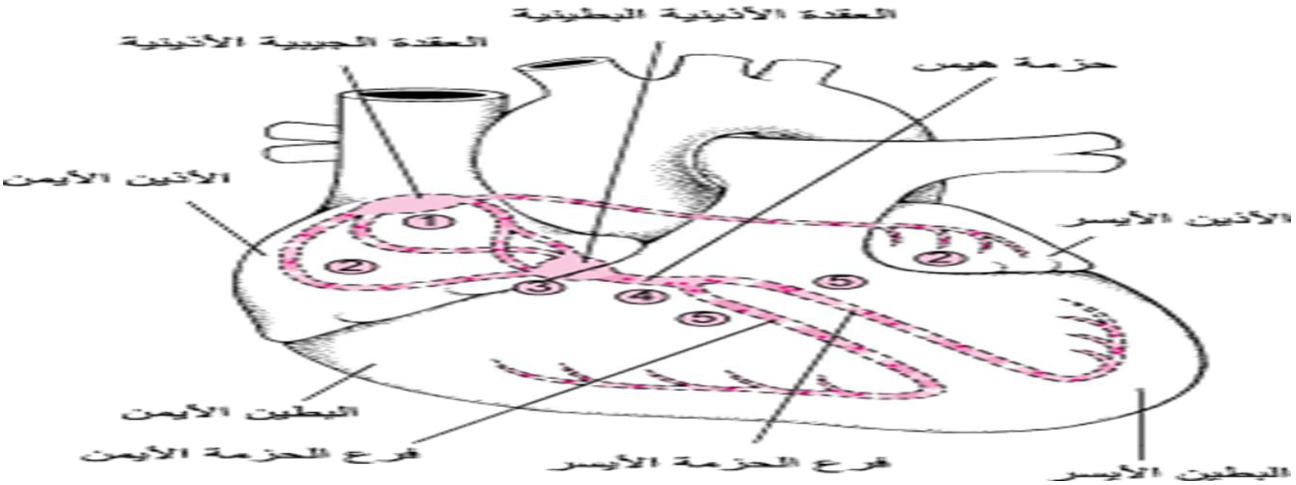
تحتاج العضلة القلبية إلى 7% من الأكسجين الذي يحمله الدم لإنتاج طاقة الضخ بالتالي فهي حساسة جدا لنقص الأكسجين, وأي نقص في كمية الأكسجين الوارد إليها يؤدي إلى نوع من الاستقلاب اللاهوائي يؤدي لألم يعرف بالذبحة الصدرية.

تنظيم عمل القلب

يجري تنظيم وضبط تقلُّص الألياف العضلية في القلب بشكلٍ دقيقٍ جدًّا.لا تتقلص جميع ألياف عضلة القلب في نفس الوقت تمامًا.بدلاً من ذلك، تتقلَّص الألياف في تسلسل يضخُّ الدمَ من كل حجرة من القلب على نحو أمثل.يجري التحكم بتسلسل التقلصات عن طريق نبضات كهربائيَّة نظميَّة تنساب عبر القلب بطريقةٍ دقيقة على امتداد مسالك متميِّزة وبسرعة مضبوطةٍ.وتنشأ هذه الدّفعات الكهربائية في النَّاظمة الطبيعية للقلب (العُقدة الجيبيَّة أو الجيبيَّة الأذينيَّة sinoatrial، وهي كتلة صغيرة من نسيجٍ في جدار الأذين الأيمن)، حيث تُولِّدُ تيارًا كهربائيًا صغيرًا.

تعقُّب السيل الكهربائيّ للقلب

تُطلِقُ العقدةُ الجيبية الأذينية (1) دفعة كهربائية، تتدفق عبر الأذينين الأيمن والأيسر (2)، وتجعلهما يتقلَّصان.عندما تصل الدفعةُ الكهربائية إلى العقدة الأذينية البطينيَّة (3) atrioventricular node، يجري تأخيرها بعضَ الشيء،ثم تنتقل الدفعة الكهربائية للأسفل عبر حزمة هيس bundle of His (4)، والتي تنقسِمُ إلى الفرع الأيمن للحزمة (فرع الحزمة الأيمن) نحو البُطين الأيمن (5)، والفرع الأيسر للحزمة (فرع الحزمة الأيسر) نحو البُطين الأيسر (5)؛وبعدَ ذلك، تنتشر الدفعة الكهربائية عبر البُطينين، وتجعلهما يتقلَّصان.

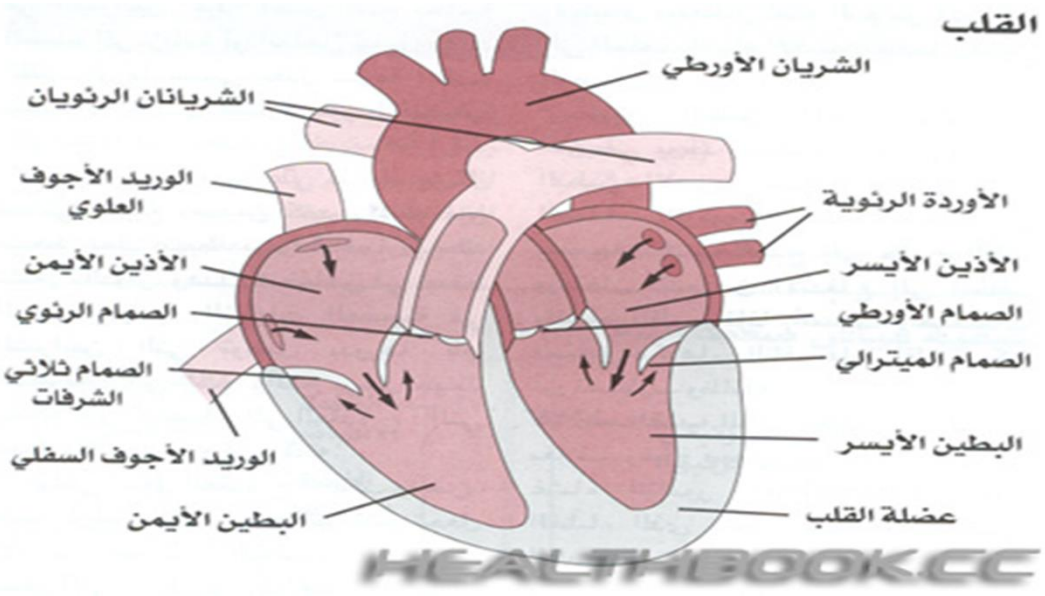


ويمثِّل معدَّلُ ضربات القلب، أو النبض، عدد المرات التي يدقَّ القلب بها في غضون دقيقة.ويزدادُ معدل ضربات القلب (سُرعة القلب) عندما يحتاج الجسم إلى المزيد من الأكسجين (مثل ما يحدُث في أثناء مُمارسة التمارين)،وينخفض هذا المعدل لضربات القلب عندما يحتاج الجسم إلى كميةٍ أقل من الأكسجين (مثل ما يحدُث في أثناء الرَّاحة).

يتحكم المعدل الذي ترسل فيه العقد الجيبية النبضات الكهربائية بمعدل ضربات القلب.يكون للعقدة الجيبية معدل إرسال نبضات خاص بها.يمكن تعديل هذا المعدل عن طريق جزأين مُتعاكسين من الجهاز العصبي المُستقلّ (اللاإراديّ)autonomic nervous system ؛ حيث يزيدُ جزءٌ منهما سرعة نبضات القلب) القسم الودِّي sympathetic من الجهاز العصبيّ(، ويعمل جزءٌ آخر على إبطاء سرعة نبضات القلب) القسم اللاودِّي.(parasympathetic

ويعمل القسم الودِّي من خلال شبكةٍ من الأعصاب تُسمَّى الضَّفيرة الوديَّة sympathetic plexus ومن خلال هرموني الإيبينيفرين (الأدرينالين) والنورإيبينيفرين (نورأدرينالين)، وهما هرمونان يجري إفرازهما من الغدتين الكظريتين والنهايات العصبية.

يعمل القسم اللاودِّي من خلال عصبٍ واحدٍ (العصب المُبهم vagus nerve)، والذي يُطلِق النَّاقل العصبيّ أسيتيل كولين neurotransmitter acetylcholine.



الدورة الدموية الرئوية هي الدارة عبر الجانب الأيمن من القلب والرئتين والأذين الأيسر.

الدورة الدموية الجهازيَّة هي الدَّارة عبر الجانب الأيسر من القلب ومُعظم الجسم والأذين الأيمن.

الدورة الدموية الصغرى:

الدورة الدموية الصُغرى وهي جزء من جهاز القلب والاوعية الدموية والتي تحمل الدم غير المؤكسج بعيداً عن القلب إلى الرئتين، وتُعيد الدم المؤكسج إلى القلب عبر(البطين الأيمن)ثانيةً. وهذا خلاف ما يحصل فيالدورة الدموية الكبرى. يُغادر الدم غير المؤكسج الجزء الايمن (البطين الأيمن) من القلب عن طريق الشرايين الرئوية التي تذهب بالدم إلى الرئتين، وهناك تقوم كريات الدم الحمراء بتحرير غاز ثنائي أوكسيد الكربونوتتحد بالأوكسجين خلال عملية التنفس. يُغادر الدم المؤكسج الرئتين عن طريق الاوردة الرئوية، والتي تصب في الجزء الايسر أو مايسمى بالأذين الأيسر من القلب ، وبذلك تكتمل الدورة الدموية الصُغرى (الرئوية). بعدها يتم توزيع الدم إلى أنحاء الجسم كافة عن طريق الدورة الدموية الكبرى قبل أن يرجع ثانيةً إلى الدورة الدموية الصغرى.

الدورة الدموية الكبرى

الدورة الدموية الكبرى أو المفتوحة وهي جزء من جهاز القلب الأدموية والتي تحمل الدم المؤكسج بعيداً عن القلب إلى بقية أنحاء الجسم، وتعيد الدم الغير مؤكسج إلى القلب ثانيةً.وهذا هو بعكس ما يحصل في الدورة الدموية الصُغرىأو المغلقة. يُغادر الدم المؤكسج - القادم من الرئة- القلب عن طريقالشريان الأبهر Aorta، من هناك ينتشر الدم المؤكسج إلى جميع اعضاء الجسم وانسجته التي تمتص الاوكسجين عَبرَ الشرايين والشُرييّنات والاوعية الدموية الشعرية. يتم امتصاصالدم الغير مؤكسج عن طريق الاوردة الصغيرة ثم الاوردة الأكبر ثم تنقلها إلى الوريدين الاجوفين الأعلى والأسفل، والتي تصب في الجزء الايمن من القلب وبذلك تكمل الدورة. بعدها يتم اعادة أكسجة الدم عن طريق ذهابه إلى الرئتين عن طريق الشريان الرئوي والتي تسمى الدورة الدموية الصُغرى وبعدها ترجع إلى الدورة الدموية الكبرى.

اي ان الدم الغير مؤكسج يخرج من القلب ويدخل إلى الرئتين ويأخذ الاوكسجين ويعود إلى القلب، فيخرج الدم المؤكسج من القلب إلى أنحاء الجسم.

أي أن الدم المؤكسج يصل للأذين الأيسر من الرئتين عبر الأوردة الرئوية ثم ينتقل إلى البطين الأيسر عبر صمام ثنائي الشرف ويضخ بعدها إلى باقي أعضاء الجسم عبر الشريان الأورطي.

الدورة القلبية

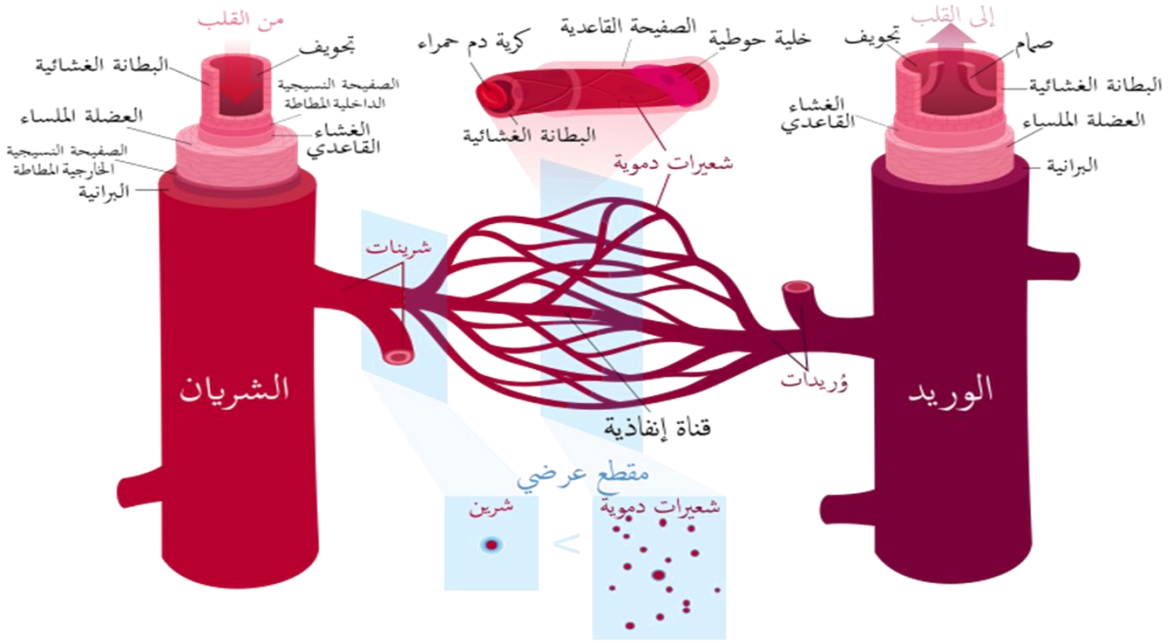
هي مراحل الحركة القلبية أثناء عملية ضخ الدم ما بين نبضتين، وتصف الدورة القلبية دخول الدم لحجرات القلب وانتقاله فيه، ومن ثم خروجه من القلب، وما يُصاحب ذلك من تغيّرات وظيفية. المدة الزمنية التي تستغرقها الدورة القلبية تعتمد على معدل نبض القلب في الدقيقة، حيث تستغرق الدورة القلبية دقيقة مقسومة على عدد دقات القلب في الدقيقة. تشمل الدورة القلبية وضعين أساسيين لعضلة

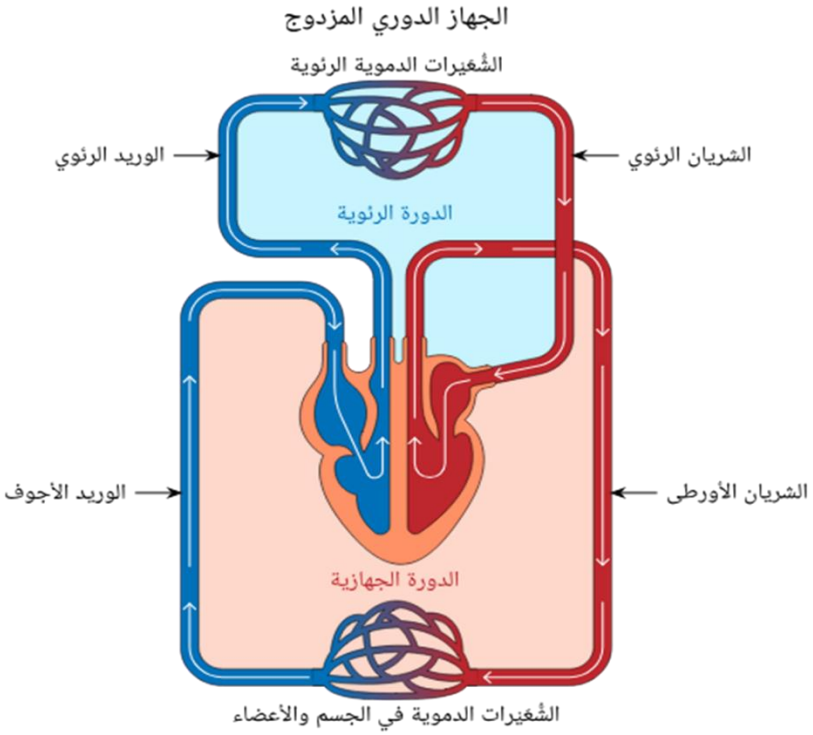
القلب هما الانبساط والانقباض وذلك لكل من الأذينين والبطينين، ويمكن تقسيم مرحلة الانقباض إلى قسمين انقباض الأذينين وانقباض البطينين.

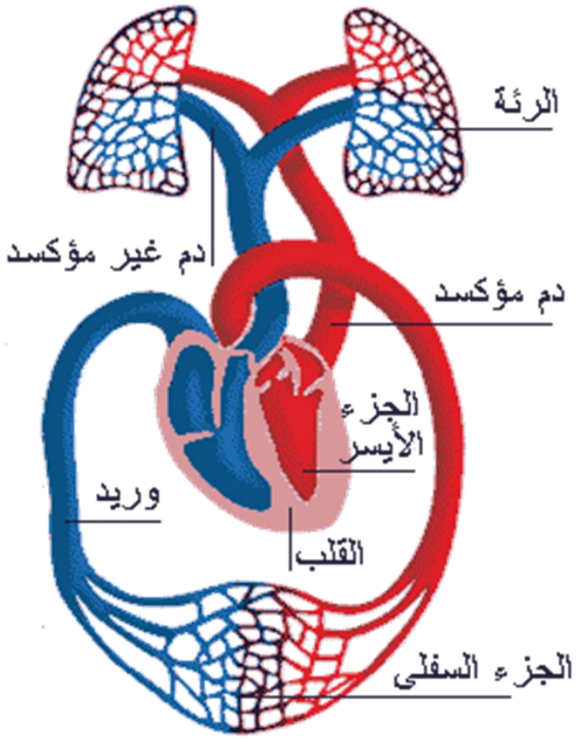
1-الشرايين- وهي الأوعية التي تنقل الدم المؤكسد من القلب إلى أنسجة الجسم ما عدا الشريان الرئوي الخارج من القلب وينقل الدم غير المؤكسد إلى الرئتين. والشرايين أوعية سميكة ومرنة تسمح بتحمل ضغط الدم الذي يضخه القلب. ويتركب جدار الشريان من ثلاث طبقات – طبقة خارجية تحتوي على ألياف مرنة .

الأوردة : وهي التي تحمل الدم غير المؤكسد من الجسم إلى القلب ما عدا الأوردة الرئوية التي تنقا الدم المؤكسد من الرئتين إلى القلب. والأوردة بشكل عام أقل سمكاً من الشرايين، ويتركب جدارها من نفس الطبقات ولكنها أرق، ويوجد في بعضها صمامات تسمح بمرور الدم بإتجاه القلب دون العودة.وهي تسير في الغالب محاذية للشرايين ولكنها أقرب إلى السطح.

شعيرات الدموية: وتتكون ن طبقة واحدة من الخلايا الطلائية وجدرانها رقيقة جداً تسمح بنفاذ غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وتبادلها في الرئتين، أو في الخلايا، كما تستقبل المواد الهضمية ويرشح منها السائل النسيجي .وهي تربط بين الأوردة والشرايين.وتدخل الشعيرات الدموية إلى جميع أعضاء الجسم وتكون كثرتها وعددها حسب وظيفة ونشاط العضو ودرجة إستهلاكه للأكسجين، فمثلاً تتمتع الكلوة والغدة النخامية بشبكة كثيفة من الشعيرات بينما تحتوي الأربطة والأوتار والغلالات العميقة على درجة متوسطة من الدوران، وتنعدم الشعيرات في القرنية والأدمة.




الجهاز الدوري المزدوج
الشُعيرات الدموية الرئوية
الوريد الرئوي
الشريان الرئوي
الدورة الرئوية
الوريد الأجوف
الشريان الأورطي
الدورة الجهازية
الشُعيرات الدموية في الجسم والأعضاء


الرئة
دم غير مؤكسد
دم مؤكسد
الجزء الأيسر
وريد
القلب
الجزء السفلي

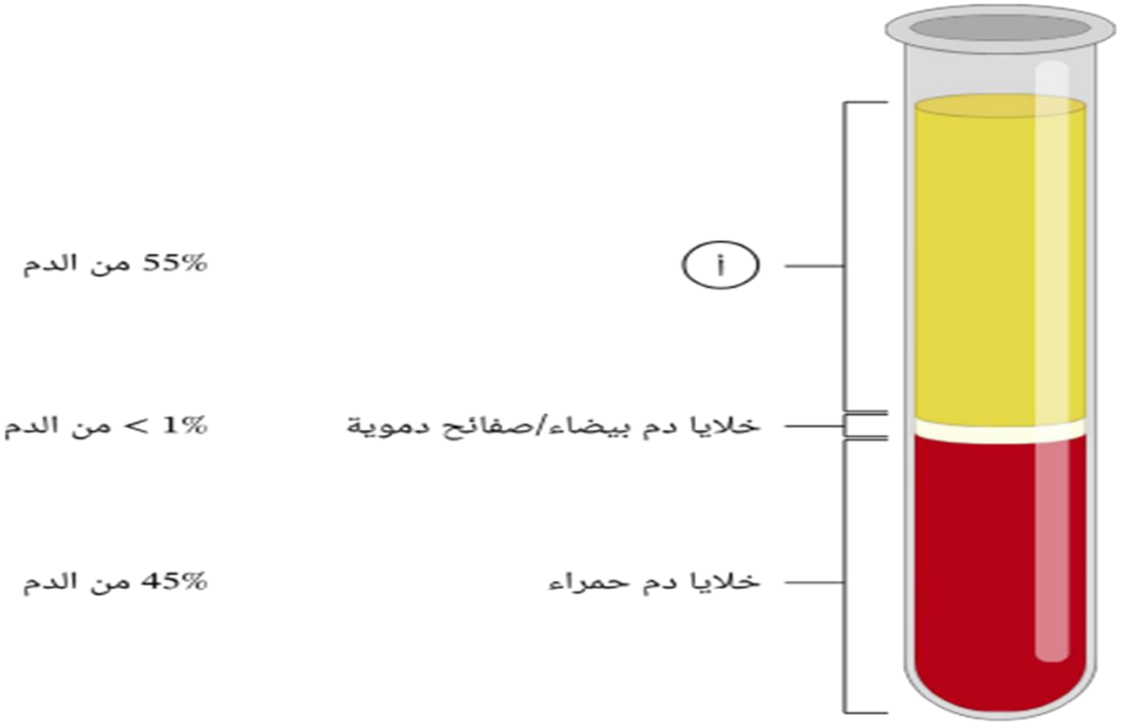
الدم ومكوناته

الدم نسيج حيوي سائل أحمر اللون ذو رائحه خاصة طعمه مال قليل يتركب من عناصر شكلية:

هي: الكريات(الخلايا) الحمراء و(الخلايا)الكريات البيضاء والصفيحات الدموية ومن وسط سائل هو البلازما .

تحلل العناصر الشكلية باستمرار بسبب نشاطها الوظيفي وتتشكل عناصر بكميات تعادل ما تحلل لذلك

تبقى مقاديرها ثابته تقريبا في الحالات الطبيعية.



خصائص الدم :

يوجد الدم بصورة سائلة ضمن الاوعية الدموية مما يمكنه من الدوران فيها لكن عند تعرض الوعاء

للتلف تبدأ عملية التخثر التي تحول قسم من الدم إلى شكل جامد لمنع النزف. لون الدم أحمر في

الشرايين يكون أحمر قانيا بسبب وفرة الخضاب (الهيموجلوبين) المؤكسد بينما يكون اللون في الاورده أحمر قاتم بسبب نقص الخضاب المؤكسج ماعدا ألوردة الرئوية.

يمتلك الدم لزوجة Viscosity معينة لوجود العناصر الشكلية والبروتينات وهي أكبر من لزوجة

الماء بخمسهة أضعاف وتشهكل مقاومة للجريان في الاوعية وكذلك كثافته Gravity Specific أعلى

من كثافة الماء وهي تعتمد بشكل أساسي على عدد الكريات الحمراء. تبقى درجة الحموضة PH في

الدم ثابته حوالي .7.4 بحيث تعمل المنظمات علي تثبيت الPH

وظائف الدم العامة:

الوظيفة التنفسية: ينقل الدم االاوكسجين من الرئتين إلى الانسجة ويعود حامل ثاني أوكسيد الكربون إلى الرئتين ليتم التخلص منه.

الوظيفة الغذائية: ينقل الدم المواد لذائية الممتصة من الجهاز الهضمي إلى جميع أنحاء الجسم.

الوظيفة اخراجيه: يحمل الدم فضلات عمليه الهضم ليتم طرحها.

الوظيفة الدفاعية: وهي وظيفة الكريات البيضاء بشكل أساسي عن طريق البلعمة أو تشكيل او افراز المضادات أو المناعة الخلوية.

تنظيم حرارة الجسم: عن طريق االنتقال من الانسجه العميقة إلى السههطحية والمساهمة بافراز

العرق

نقل المواد خلال الجسم : ينقل الدم الهرمونات نواتج عمليه الهضم

الحفاظ على ثبات درجة الحموضة.PH

يعادل حجم الدم عند اإلنسان 8-7 % من وزنه أي حوالي 5 لتر

الكريات الدم الحمراءERYTHROCYTES

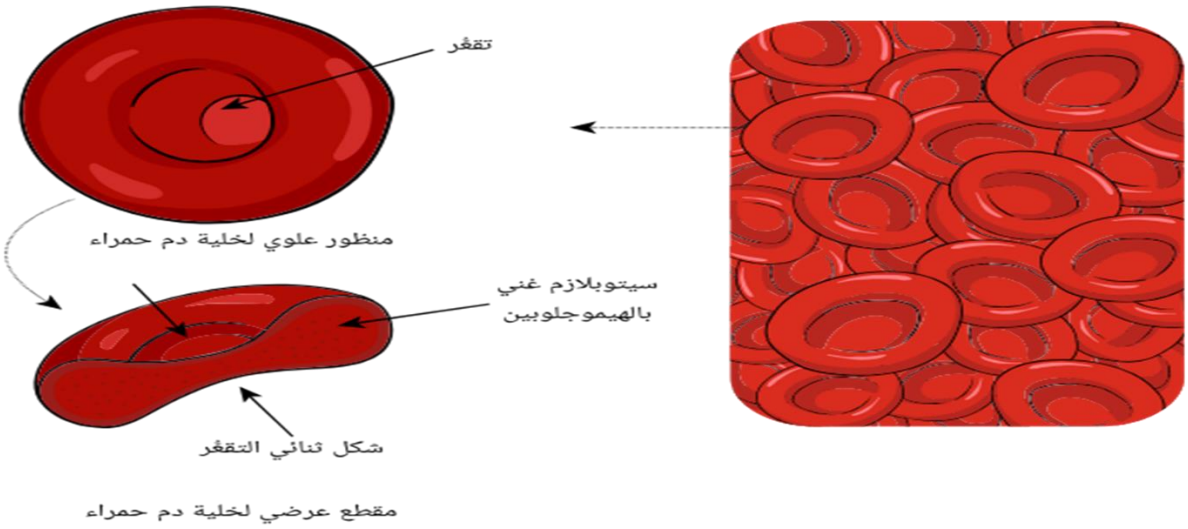
الكرية الحمراء خلية شديدة التميز فقدت كل عناصر الخلية تقريبا. فهي لا تحوي علي نواة او جهاز كولجي غير قادرة على التكاثر لكنها تحمل كميات كبيرة من الهيموجلوبينHemoglobin

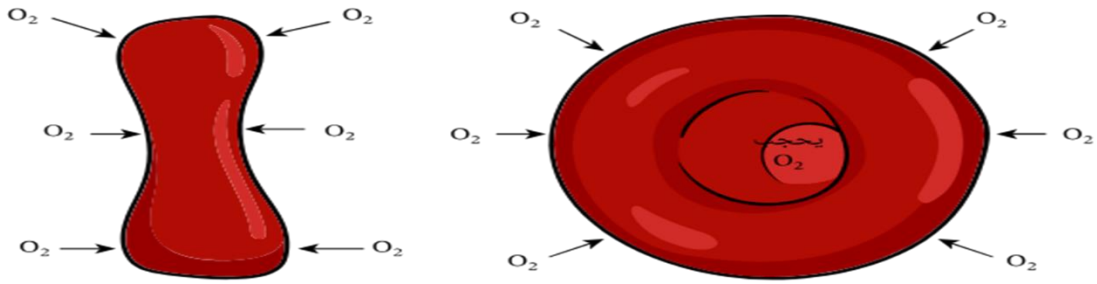
ويحيط بها غشاء خلوي مؤلف من ثالث طبقات:

-يحمل على الطبقة الخارجية جزيئات من طبيعة بروتينية سكرية

أساسها الزمر الدموية.

للكرية الحمراء شكل قرص مقعر الوجهين مما يزيد من كمية الهيموجلوبين التي يمكن أن تحمل الاكسجين.





تتكون الكرية الحمراء من الماء بنسبة 65-70% ومن عناصر معدنية ومواد عضوية.
تحوي شوارد

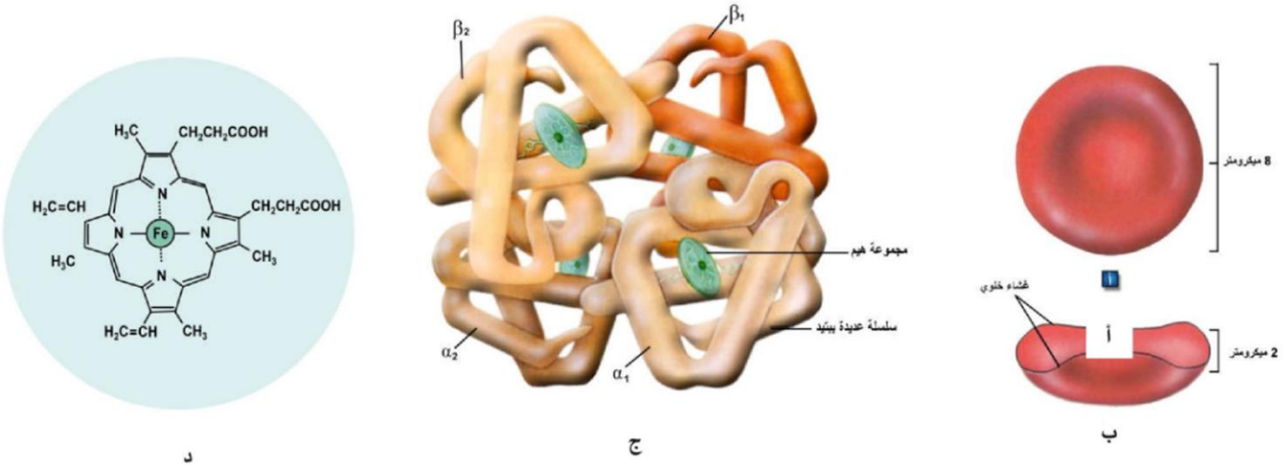
مثل البوتاسيوم والكلور وغيرها بااضافة الانزيمات والبروتينات.

المكون االساسي فيها هوالهيموجلوبين أو خضاب الدم الذي يقوم بالوظيفة التنفسية أي نقل الغازاتCo2.وo2

تركيب الهيموجلوبين:

هو صبغ تنفسي يتكلف من الهيم ؤ وهو حلقة بورفيرينية تحوي في مركزها معدن هو الحديدي

والغلوبين (الجلوبين)وهو عديد ببتيد يتكلف من زوجين من السالسل الببتيدية.



يوجد أربعة أنواع من هذه السلاسل تشكل ثالث أنماط مختلفة من الهيموجلوبين او الخضهابالسلاسل هي: ألفا بيتا دلتا جاما.

كل أنماط الهيموجلوبين تحوي سلسلتي ألفا وحسب نمط السلسلة االلخرى يصنف الهيموجلوبين في ثالثة أنماط

هي:

الهيموجلوبين :A1يمثل 97% من كمية الهيموجلوبين ويتكلف من سلسلتي ألفا وسلسلتي بيتا.

الهيموجلوبين A2: يمثل فقط من 3-2 % ويتكلف من سلسلتي ألفا وسلسلتي دلتا.

الهيموجلوبين :F أو الهيموجلوبين الجيني ونسبته أقل من 1% عند البالغين لكنه أثناء الحياة الجنينية يشكل أكثر من 90% من الهيموجلوبين ويتكون من سلستي ألفا وسلسلتي جاما.

يمكن أن تضطرب النسب الطبيعية السابقة من انواع الهيموجلوبين لاسباب وراثية فتحدث امراض في الدم مثل الثلاسيميا وتصنف حسب نمط السلسلة الغائبة أو الناقصة إلى ثلاسيميا ألفا وثلاسيميا بيتا.

النوع	HbA	HbA2	HbF
السلاسل المكونة	α2 ß2	δ2α2	2α2γ
النسبة في الدم الطبيعي	%98-95	%3-1.5	%0.5

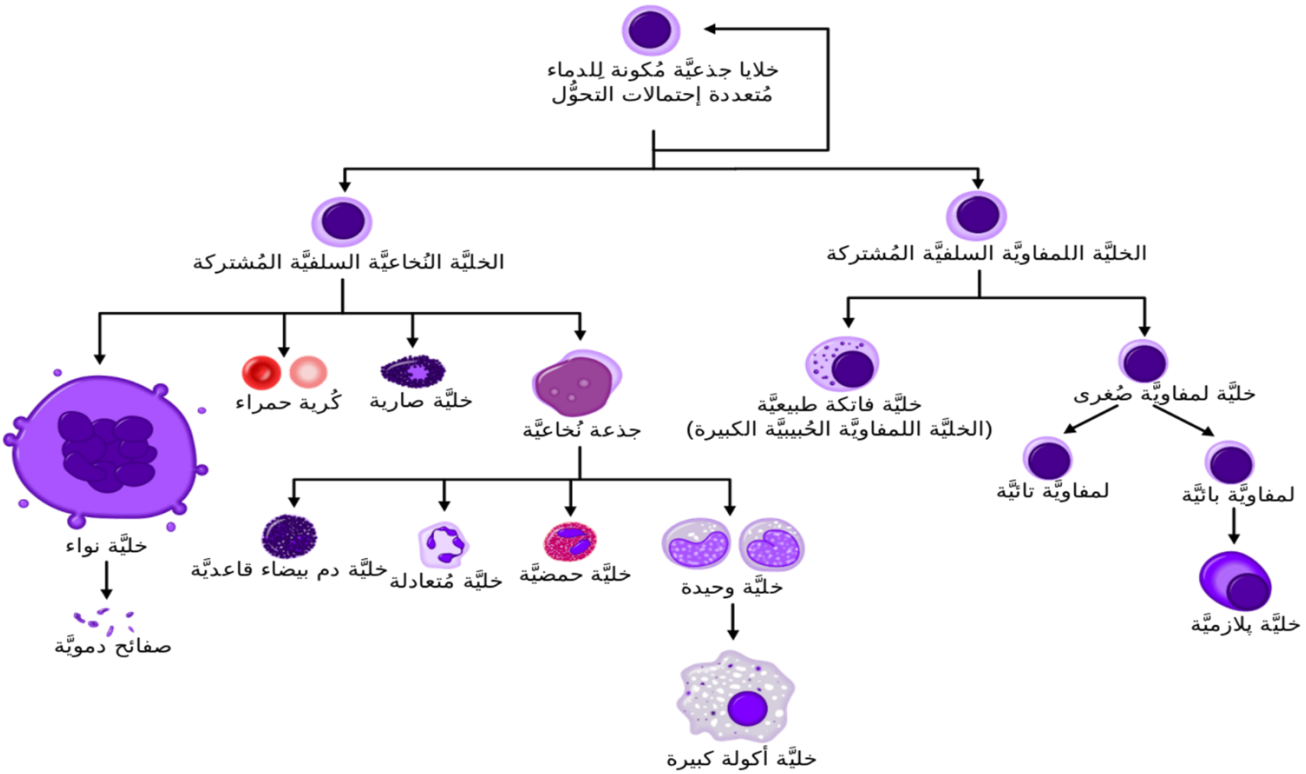
أهم ميزة للهيموجلوبين: هي قدرته على االرتباط الضعيف والمعكوس بالاوكسجين مما يؤدي تكوين الاوكسي هيموجلوبين أو الخضاب المؤكسد ويزداد االرتباط عند زيادة الضغط الجزئي الاوكسجين وهذا ما يحدث في الرئتين وبالعكس يقل االرتباط عند زيادة ثاني اكسيدالكربون وهذا ما يحدث في النسيج حيث يترك الاكسجين الهيموجلوبين ويدخل إلى الانسجه.

ينقل حوالي 23% من CO_2على شكل كاربامينوهيموجلوبين الدم، و7% ينحل في البلازما،

أما الجزء المتبقي فيتحول ضمن الكريات الحمراء بواسط أنزيم الكاربونيك أنهيدراز إلى حمض الكربون الذي

يتفكك بدوره إلى بيكربونات تخرج خارج الكرية بالتبادل مع شوارد الكلور وإلى هيدروجين يرتبط بالهيموجلوبين.

يحدث هذا االرتباط في الدم الشعري في النسج، ويحدث العكس في الرئتين.



تكوين الكريات الحمر:

تتكون الكريات الحمر في الكبد والطحال أثناء الحياة الجنينية. في الثلث ألأخيرة من الحمل يشارك

نقي (نخاع) العظم بتكوينها ويستمر بعد الوادة بمفرده في إنتاجها حتى البلوغ حيث تنتج الكريات الحمر في

نقي (نخاع) العظام المسطحة مثل والحوض والفقرات.

تنشئ الكريات الدم الحمراء في النقي (النخاع) من الخلية الجذعية عديدة القدرات التي يمكن أن تنقسم وتعطي جميع

انواع الدم. تنقسم هذه الخلايا وتتمايز لتشهكل خاليا الدم الحمراء تحت تكثير عوامل خاصة تسمى

بعوامل النمو والتمايز.

وخلا تمايزها يقل حجم الخلايا وتفقد مكوناتها الخلوية بينما يزداد تركيب الهيموجلوبين اوالخضاب فيها حتى تصل

إلى مرحلة الخلايا الشبكية حيث تدخل إلى الدوران وفيها بقايا من الشبكة الاندوبلازميه الداخلية

لتنضج نهائيا خلال يومين وتتشكل الكريات الحمراء الناضجة.

ما العامل ألساسي الذي ينظم معدل توالد الكريات الحمراء في النخاع؟

العامل الاساسي الذي ينظم معدل توالد الكريات الحمر في النخاع هو درجة الاكسجين في الخلايا فعندما يقل الاكسجين في النسيج تقوم الكلية بشكل رئيسي بافراز الاريثروبيوتين Erythropoitin.

العوامل المؤثرة على تكوين الكريات الحمر:

باإلضافة لمعدل ألكسجة النسيجية وإفراز اإليثروبيوتين يوجد العديد من العوامل الضرورية إلنتاي الكريات الحمر مثل:

سلامه نخاع العظم: انتاج كريات حمراء سليمة وكافية تبدا من سالمة نقي العظام حيث هو المكان الذي ينتجها.

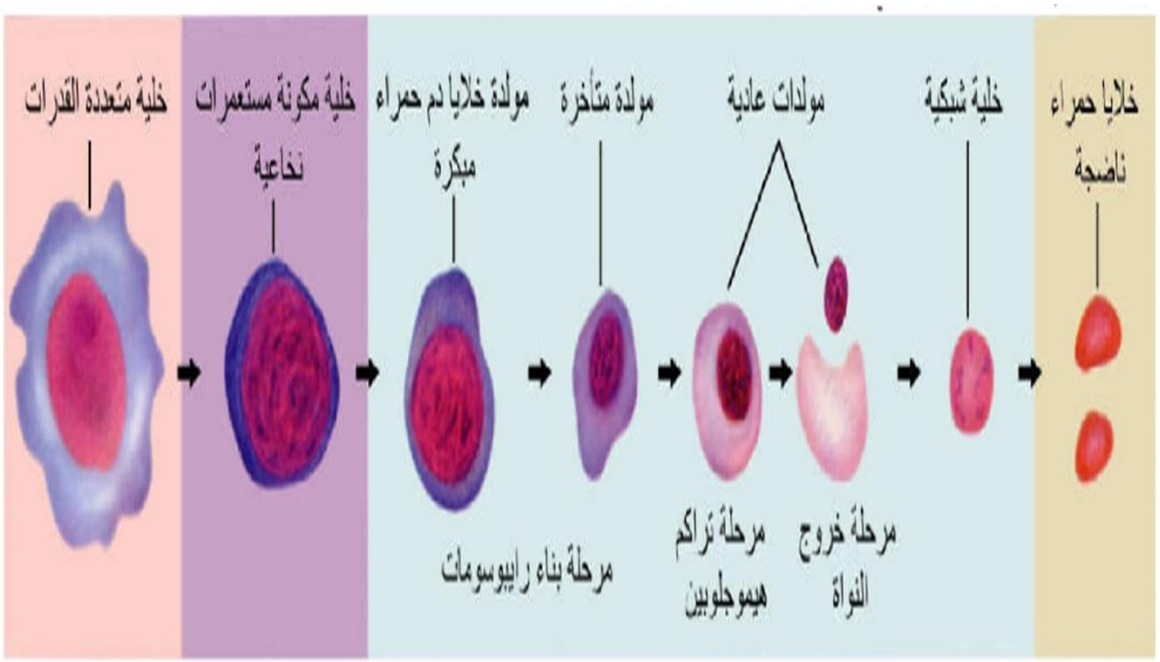
توفر الحديد: الحديد عنصر ضروري لتركيب الهيم في الهيموجلوبين ونقص الحديد يقلل من انتاج الهيموجلوبين لذلك يؤدي نقص الحديد إلى فقر دم يقل عدد الكريات الحمر.

-توفر الفيتامين B 12وحمض الفوليك: كلاهما ضهروريان لتركيب الدنا DNA ونقصههما يؤدي لفقر دم كبير إذ يعرقل النقص الحاصل عملية االنقسام والنمو فيقل عدد الكريات بشدة ويزداد حجمها ويتراكم فيهاالهيموجلوبين أكثر مع تشوه في لشاء الكريات.

الاحماض الامينيه ضرورية لتشكيل الغلوبين.

سلامه الكبد والطحال: يسهم الكبد في تكوين الغلوبين ويختزن الحديد والنحاس والفيتامين B12.

-النحاس والكوبالت يسهمان في تركيب الهيموجلوبين.



عمر الكريات الحمراء:

يبقى عدد الكريات الحمراء ثابتا تقريبا في الدوران أي نسهبة ما تحلل تعادل نسبة ما يتشكل منها.

تعيش الكرية الحمراء في الدوران 120 يوما تقريبا تصبح بعد ذلك هشة وتتكسر في الطحال أوالكبد .

يتفكك الهيموجلوبين حيث ينقل الحديد إلى النخاع ليعاد استعماله مجددا أو يخزن في الكبد أو الطحال

وتتحول الاجزاء الباقية من الهيم إلى صبغه صفراء هو البيليروبين يدخل في الدورة الكبدية المعوية للصفراء.

وظائف الكريات الحمراء:

الوظيفة التنفسية: نقل الاوكسجين من الرئتين إلى النسيج ونقل ثاني أكسههيد الكربون من النسيج إلى الرئتين.

يعد الهيموجلوبين من المكونات الهامة التي تحافظ على استقرارفي درجة الحموضة PH في

الوسط الداخلي

تسهم الكريات الحمراء في إعطاء لزوجة الدم

تسهم الكريات الحمر في تشكيل الخثرة (الجلطه) الدموية

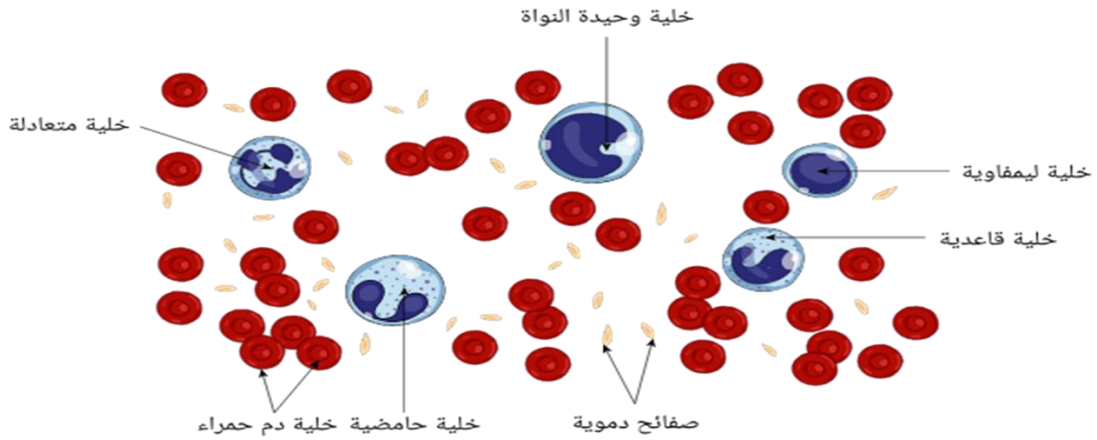
تحوي الكريات الحمر مجموعه أنزيمية قادرة على استقالب (هضم) الجلوكوز وهضم كميات من ATP.

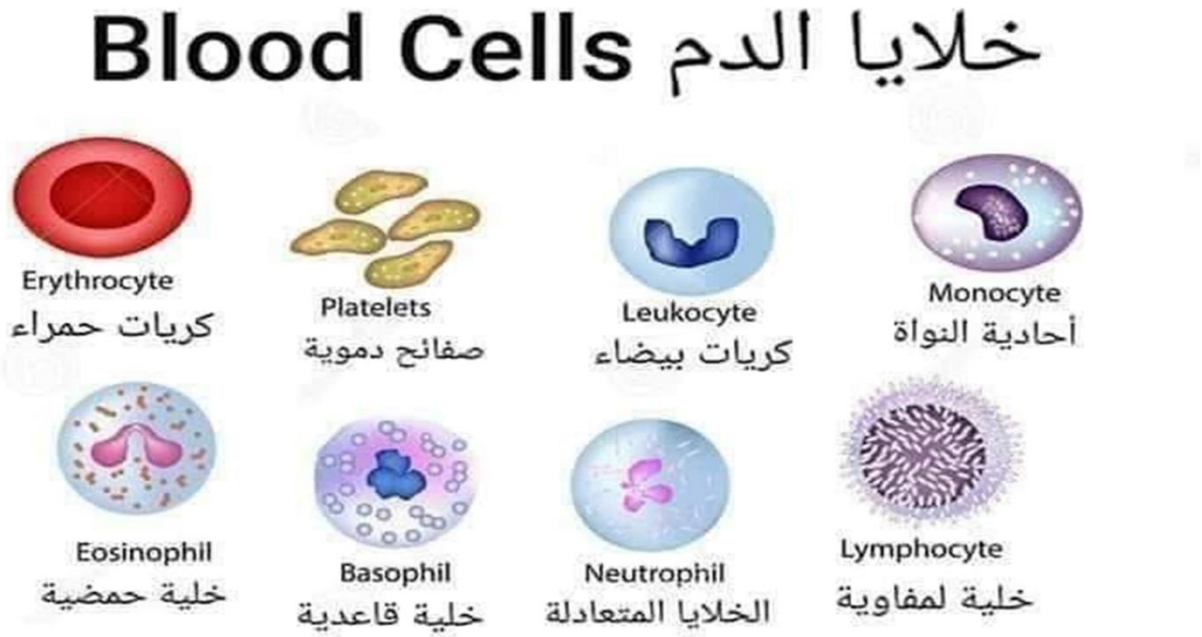
خلايا الدم البيضاء:

وتُسمَّى خلايا الدم البيضاء أيضًا .leukocytes البادئة Leuko- تعني أبيض. وتُعَد خلايا الدم البيضاء مسئولة عن حماية أجسامنا من العدوى من خلال التعرُّف على مسبِّبات الأمراض وتدميرها، ومسبِّبات الأمراض كائنات حية دقيقة يمكن أن تسبِّب الأمراض.

يوجد ما بين 4 الاف و11 الاف خلية دم بيضاء في المليلتر الواحد من الدم. ونظرًا لدورها في محاربة الأمراض، فإن هذا العدد يزداد أثناء العدوى. وبخلاف خلايا الدم الحمراء، فإن خلايا الدم البيضاء عديمة اللون، وتحتوي على نواة. وتتكوَّن خلايا الدم البيضاء في النخاع العظمي، لكنها قد تنضج في أماكن أخرى من الجسم. ويبلغ متوسط عمر خلية الدم البيضاء 13 يومًا تقريبًا، على الرغم من أن بعض خلايا الدم البيضاء يعيش لفترات زمنية أقصر بكثير، وبعضها قد يستمر لعدة شهر.

يوجد العديد من الأنواع والأشكال المختلفة لخلايا الدم البيضاء. ومن الأمثلة الشائعة على خلايا الدم البيضاء النوع المُسمَّى بالخلايا البلعمية. وتتمثَّل وظيفة الخلايا البلعمية في الإحاطة بمسبِّبات الأمراض الموجودة في الدم وابتلاعها. وهناك نوع آخر من خلايا الدم البيضاء، وهو الخلايا الليمفاوية. وتقوم الخلايا الليمفاوية بالعديد من الوظائف المناعية، مثل تحديد مسبِّبات الأمراض و«تذكُّرها»، وإنتاج الأجسام المضادة، واستهداف الخلايا المصابة وتدميرها. فخلايا الدم البيضاء جزء مهم من الجهاز المناعي، وهو الجهاز الذي يكافح المرض والعدوى. ويوضِّح الشكل بعض خلايا الدم البيضاء.





يوضِّح هذا الشكل المكوِّنات الخلوية للدم. خلايا الدم الحمراء موضَّحة باللون الأحمر، والصفائح الدموية موضَّحة باللون البني الفاتح، وأنواع مختلفة من خلايا الدم البيضاء موضَّحة باللون الأرجواني.

تتألف من قسمين رئيسيين:

•الخلايا المحببه Granulocytes تحتوي على حبيبات في السيتوبلازم ولها 3 أنواع:

المتعادلات Neutrophilsتشكل -45 .65%

الحمضيات :Eosinophils تشكل .3%-1

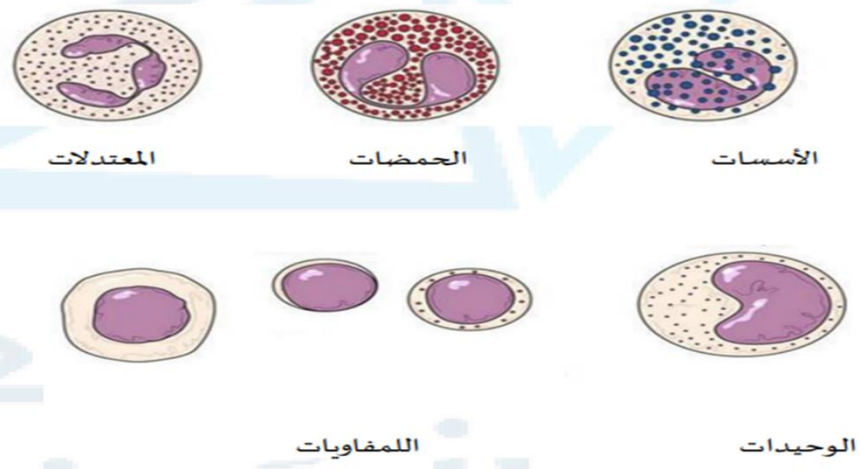
القاعديات :Basophilsتشكل .0-1%

الخلايا غير المحببه Agranulocytes ال تحتوي على حبيبات في السيتوبلازم، وتضم:

للمفاويات :(Lymphocytes تشكل .20-40%

الوحيدات (وحيده النواه)Monocytes): تشكل .3-10%

lymphocytes	monocytes	basophils	Eosinophils	neutrophils	
%40.20	%10.3	%1.0	%3.1	%65.45	النسبة



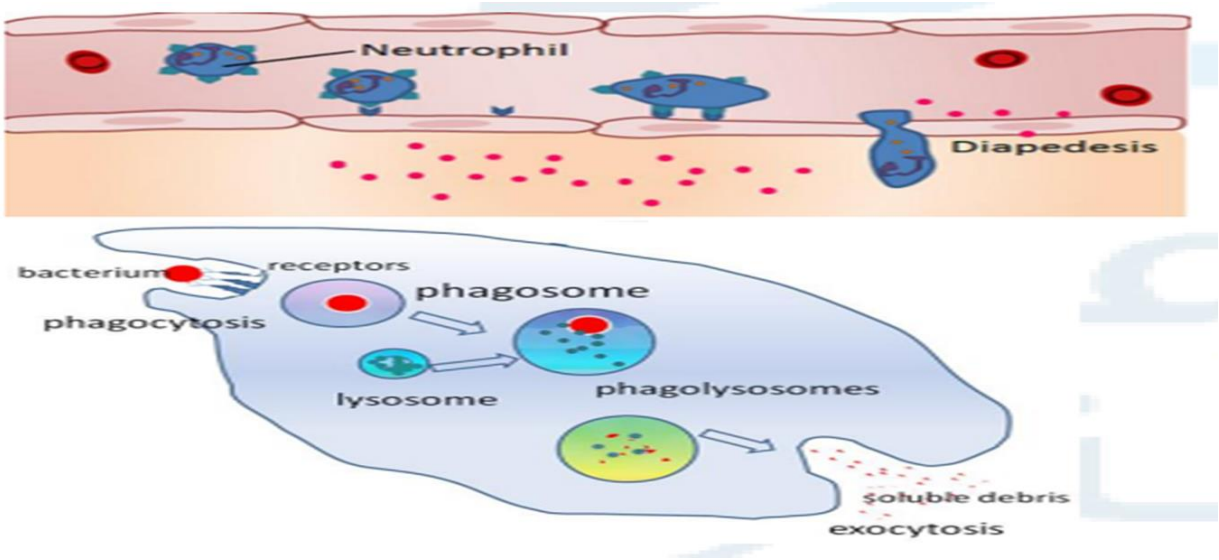
تتكون من الخلية الجذعية عديدة القدرات

تنشأ المحببات)الكريات المفصصة(والوحيدات في نقي العظم ابتداء من مرورا لخلية أرومة النقوية myeloblast تحت تأثير محفزات نمو وتمايز تفرز داخل النقي وتحرض على نموسلسلة معينة أو جميع السالسل.

تنشأ الخاليا اللمفاوية ابتداءمن أرومة اللمفاوية lymphoblast من الاعضاء اللمفاوية كالغدد اللمفاويةlymph nodes واللوزتينtonsils thymus والتوتةspleen والطحال.

خصائص الكريات البيضاءWBCs of Characteristics :

- الانسلالDiapedesis
- الحركات المتحوليهmotion amoeboid
- الانجذاب الكيميائيChemotaxis
- البلعمة Phagocytosis



وظائف الكريات البيضاء:

•المتعادلات: وظيفتها ألساسية هي البلعمة وتشكل خط الدفاع الاولي.

تموت بعد ذلك لتشكل مع النسج الصديد.pus

الوحيدات:

➢تمتلك نفس قدرة المتعادلات من ناحية الانجذاب واالتسالل والحركة

➢ تصل إلى المناطق المصابه وتتحول إلى بالعات كبيرة macrophages لها قدرة أكبر على البلعمة وقتل الجراثيم وهي بذلك تشكل خط الدفاع الثاني.

الحمضات:

➢قدرتها على االانجذاب والبلعمة محدودة، ال أهمية لها في الدفاع ضد الجراثيم

➢تستطيع أن تهاجم الطفيليات وتقتلها

➢تزيل المواد السامة من الجسم)المواد المحرضة لاللتهاب التي تفرزها الخاليا البدينة والاساسات)

➢تدمر نواتج تفاعل ضد ـ مستضد.

•القاعديات: لها دور في االستجابة التحسسية حيث انها تحرر وسائط التهابية مثل الهيستامين والبراديكينين والسيروتونين.

• اللمفاويات: لها دور في املناعة الخلوية (cells T)والخلطية)cells B.

الصفيحات الدموية ((Platelets (thrombocytes)

ينظم توالدها عامل خاص هو الترومبوبويتين

الخصائص الوظيفية للصفيحات

غير منواة وال تستطيع التكاثر ولكن تحتوي الكثير من املواد الفعالة:

1.جزيئات االكتين والميوسين والترميوسين)بروتين يساهم في قوصية الصفيحات)

2.بقايا الشبكة البطانية الداخلية وجهاز غولجي

3-ومجموعات الانزيميه القادرة على تشكيل ATP وADP

لصفائح الدموية. تُعرَف الصفائح الدموية أيضًا بخلايا التجلُّط. وتتمثَّل وظيفة الصفائح الدموية في إحداث تجلُّط الدم. وتُعَد الصفائح الدموية أجزاءً صغيرة من خلايا أكبر تُسمَّى الخلايا الكبيرة النواة. وتنشأ الصفائح الدموية من خلايا كبيرة النواة في النخاع العظمي. وتبقى الصفائح الدموية في الدورة الدموية لمدة 10 أيام تقريبًا.

يُعَد التجلُّط من وظائف الدم المهمة للغاية. تتكدَّس الصفائح الدموية معًا حول أي إصابة لوعاء دموي. قد تكون القشرة التي تتكوَّن بعد أن تَجرح أو تَكشط بشرتك عن طريق الخطأ مألوفةً لك. إن هذه القشرة مكوَّنة من جلطات دموية جافة! يساعد تجلُّط الدم في منع فقدان الكثير من الدم. كما تمنع مسبِّبات الأمراض من الدخول إلى الدم. ويوضِّح الشكل 5 عملية تكوين الجلطة الدموية.

المجموعات الانزيمية المركبة للبروستاغالندينات

العامل المثبت للفيبرين (مثبت الثرومبين) مضاد الثرومبين الهام في التخثر

عامل النمو الذي يسبب تضاعفا في الخلايا البطانية الوعائية والخلايا العضلية الملساء الوعائية مما يؤدي إلى نمو خلوي يساهم في اصالح الجدر الوعائية المتاذيه.

وظائف الصفيحات:

- عملية التخثر أواالرقاء حيث تطلق مقبضات وعائية وتشكل السدادة الصفيحية
- لها دور في ترميم الاوعيه
- تساهم في اطلاق التفاعلات الالتهابيه

التخثر: يتكون من 3 مراحل:

1.االانقباض الوعائي:Constriction Vascular

يحدث بعد الاصابه الوعائية بسبب

- حدوث منعكسات عصبية وتقبض وعائي ذاتي.

اطالق مواد مقبضة لألوعية من الصفيحات.

•يساهم الالم والانسجة المتأذية في تعزيز منعكس التقبض الوعائي مما يقلل من كمية الدم النازف.

2.تشكل السدادة الصفيحية:

بعد الاصابه الوعائية تحتك الصفيحات مع السطح المتاذيه فتتغير خصائصها

▪تنتفخ وتظهر على سطحها نتوءات

▪تطلق مواد مقبضة للاوعيه

▪تلتصق مع بعضها و تلتصق على سطح

الوعاء المتاذي مشكلة سدادة صفيحية

3 التخثر:

▪تشكيل شبكة من خيوط الليفين (الفيبرين)

▪تتوضع في فراغاتها العناصر الشكلية(خلايا الدم) فتشكل سدادة ثابتة توقف النزف

▪تتقلص الصفيحات المتوضعة على الشبكة فتزيد تماسكها ويخرج منها سائل هو المصل أو السيروم الذي يختلف عن البلازما بفقدانه لعوامل التخثر.

عوامل التخثر هي مجموعة من المواد البروتينية التي توجد في الدم بشكل غير فعالة تتفاعل عند تأذي الوعاء الدموي ومعظمها يصطنع في الكبد بوجود الفيتامين Kكمساعد أنزيمي لعملية التصنيع.

•يمر التخثر (تشكل الخثرة) بثالث مراحل وهي:

تشكيل منشط البروثرومبين

❖تحويل إلى ثرومبين تحت تأثير منشط البروثرومبين

❖تحويل الفيبرينوجين إلى فيبرين تحت تأثير الثرومبين.

•يتم تشكيل منشط البروثرومبين نتيجة لتفعيل عوامل التخثر الذي يمكن أن يكون إما بالطريق الخارجي أو بالطريق الداخلي.

الطريق الخارجي

Extrinsic pathway for Initiating Clotting

•تحدث أذية وعائية ونسيجية تطلق عوامل (ثرومبوبالستين نسيجي) الذي يفعل العامل السابع والعامل السابع يفعل العامل العاشر، يفعل العامل الخامس بوجود العاشر المفعل مع الكالسيوم ويشكلون مجتمعين منشط البروثرومبين الذي يحول البروثرومبين إلى ثرومبين وهذا بدوره يحول الفيبرينوجين إلى فيبرين.

الطريق الداخليPathway Intrinsic تكون الجرح في بطانة الوعاء فتحت عوامل

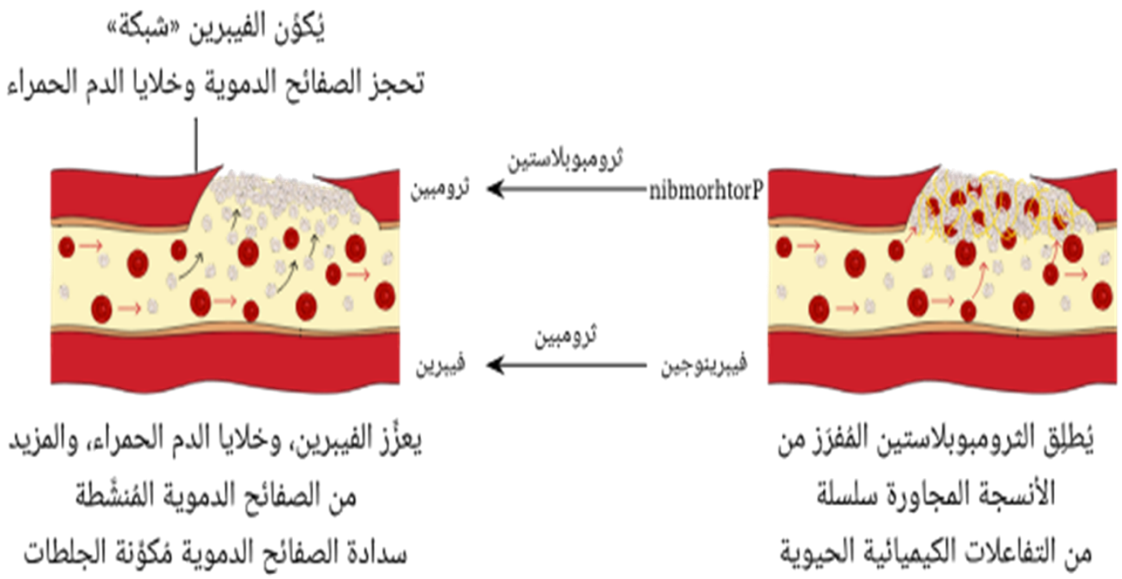
التخثر مع ألياف الكولاجين تحت البطانة المصابه يتفاعل العامل الثاني عشر ثم الحادي عشر دون الحاجة لوجود الكالسيوم، بينما تحتاج جميع المراحل التالية لوجود الكالسيوم بعد ذلك يتفاعل التاسع ثم الثامن فالعاشر ويتابع بنفس السبيل الخارجي.

يعمل الثرومبين المتشكل على تعزيز تشكيل العامل الخامس وبالتالي تشكيل المزيد

من الثرومبين وما يوقف هذه الحلقة وعملية التخثر

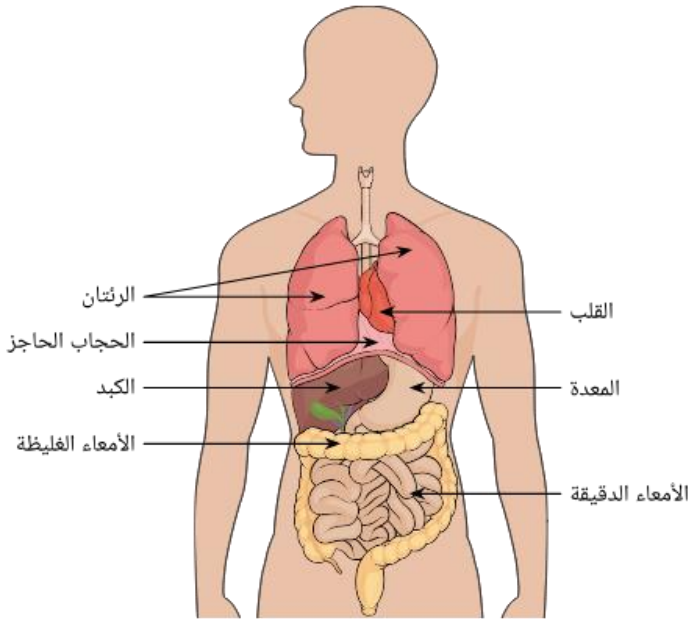
بالكامل عند توقف النزف هو:

• امتصاص مضاد الثرومبين لحوالي 20% من الثرومبين المتشكل يعمل الفيبرين على امتصاص الكمية المتبقية فتتوقف عملية التخثر.



الجهاز التنفسي

الرئتان عبارة عن عضوين إسفنجيَّين رقيقين، لا يمكنهما التحرُّك بأنفسهما. على الرغم من هذه الحقيقة، فإنهما في حركة دائمة؛ حيث تعملان على إدخال الهواء إلى أجسامنا وإخراجه منها طوال فترة حياتنا. توجد الرئتان داخل التجويف الصدري، وتحميهما عظام الهيكل العظمي. الرئة اليسرى أصغر قليلًا بالفعل من الرئة اليمنى؛ وذلك لتتكيَّف مع وجود القلب الذي يبعد قليلًا عن منتصف التجويف الصدري. لا يتوقَّف الأمر على وجود القلب والرئتين أحدها بالقرب من الآخَر فقط، ولكنَّ لها أيضًا وظائف مرتبطة ارتباطًا وثيقًا.



شكل يوضِّح أماكن العديد من الأعضاء الداخلية، مُتضمِّنة القلب والرئتين. يفصل الحجابُ الحاجزُ التجويفَ الصدريَّ عنَّ التجويف البطني.

الرئتان هما العضوان الأساسيان في الجهاز التنفسي. الجهاز التنفسي هو جهاز يتكوَّن من أعضاء عديدة تعمل معًا لتؤدِّي وظيفة الحياة الأساسية ألا وهي عملية تبادُل الغازات. تتضمَّن عملية تبادُل الغازات في جسم الإنسان إدخال الأكسجين من الهواء الجوي إلى أجسامنا وإزالة ثاني أكسيد الكربون الزائد من الدم. الرئتان هما العضوان الأساسيان المسئولان عن عملية تبادُل الغازات، وتعملان بالتزامن مع أعضاء أخرى، وهو ما يسمح لهما بأداء هذه الوظيفة.

الرئتان

الرئتان عضوان إسفنجيان رقيقان يوجدان داخل التجويف الصدري. وهما تعملان داخل الجهاز التنفسي لتبادُل الغازات بين الدم والهواء الجوي الخارجي.

تبادُل الغازات

تَصِف عملية تبادُل الغازات حركة دخول الغازات إلى الدم وخروجها منه. تتضمَّن عملية تبادُل الغازات في الرئتين دخول الأكسجين إلى الدم والتخلُّص من ثاني أكسيد الكربون.

تُحاط الرئتان من الأمام ومن الخلف ومن الجانبين بقفص من العظام المُسطَّحة المنحنية تُسمَّى «الأضلاع». بين الأضلاع توجد طبقاتُ عضلاتٍ صفائحيةٌ تُسمَّى «العضلات الوربية». وهي عضلات تقع بين الأضلاع.

أسفل الرئتين توجد عضلة كبيرة رقيقة على شكل قبَّة تُسمَّى «الحجاب الحاجز»، وهي موضَّحة في الشكل 1. الحجاب الحاجز يفصل الأضلاع والأعضاء الأخرى الموجودة في التجويف الصدري عن المعدة والكبد والأعضاء الأخرى الموجودة في التجويف البطني.

تتَّصل الرئتان بالهواء الخارجي من خلال الفم وفتحتَي. يتَّصل الأنف والفم عند الجزء الخلفي من الحلق من خلال ممرٍّ يُسمَّى «البلعوم». عندما يمرُّ الهواء من الأنف إلى البلعوم يُرشَّح الهواء من الجسيمات الغريبة ويُرَطَّب. كما سنرى لاحقًا في هذا الشارح، من المهمّ للغاية أن يكون الهواء رطبًا عندما يدخل الرئتين لكي تحدث عملية تبادُل الغازات.

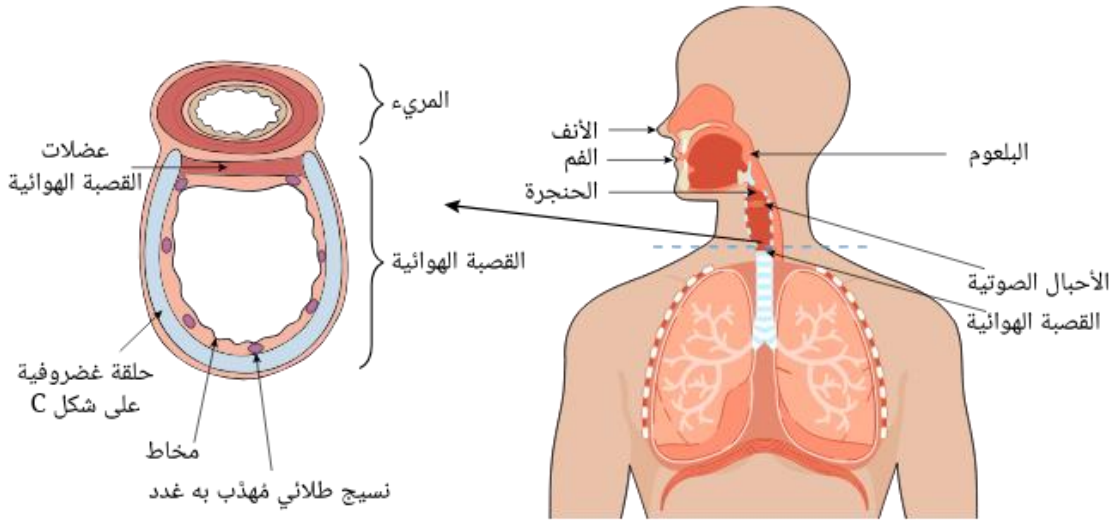
ينفتح البلعوم، الذي ينقل الطعام والماء إلى المعدة عند البلع، من الأسفل في الحنجرة والمريء. تُعتبَر الحنجرة أيضًا صندوق الصوت لنا لأنها تحتوي على الأحبال الصوتية التي تكون مهمَّة للغاية لإنتاج الأصوات أو الغناء.

الحنجرة هي الجزء العلوي من القصبة الهوائية التي تنقل الهواء من الرئتين وإليهما أثناء التنفس. المريء والقصبة الهوائية موازيان أحدهما للآخَر، ولهما تركيبان مختلفان تمامًا. يتكوَّن المريء من عضلات تنقبض في صورة موجات لدفع الطعام لأسفل، في حين أن القصبة الهوائية هي أنبوب أكثر صلابة يتكوَّن من غضاريف، مثل الأنف، بحيث لا ينهار ويظلُّ مفتوحًا طوال الوقت.

للحفاظ على مرونة القصبة الهوائية تنتظم غضاريفها في صورة تَتَابُعٍ من الحلقات التي تشبه الحرف C. عند فتحة كل حلقة توجد مجموعة من العضلات يمكن أن تنقبض لتضييق الحلقة؛ الأمر الذي يكون مطلوبًا، على سبيل المثال، عند السعال. يمكنك أن ترى ذلك في مخطَّط المقطع العرضي الموضَّح في الشكل 2. السطح الداخلي للقصبة الهوائية مُبطَّن بنسيج تنفسي طلائي، وهو عبارة عن بطانة تُكوِّن أهدابًا على سطح القصبة الهوائية الداخلي وتحتوي على غدد تُفرِز مخاطًا. تساعد هذه الأهداب على التقاط الجسيمات أو مُسبِّبات الأمراض من الهواء الذي يمرُّ عليها، وترطيبه. تتحرَّك الأهداب باستمرار لتُحرِّك المخاط نحو البلعوم؛ حيث يمكن بلعه والتخلُّص منه.

النسيج الطلائي

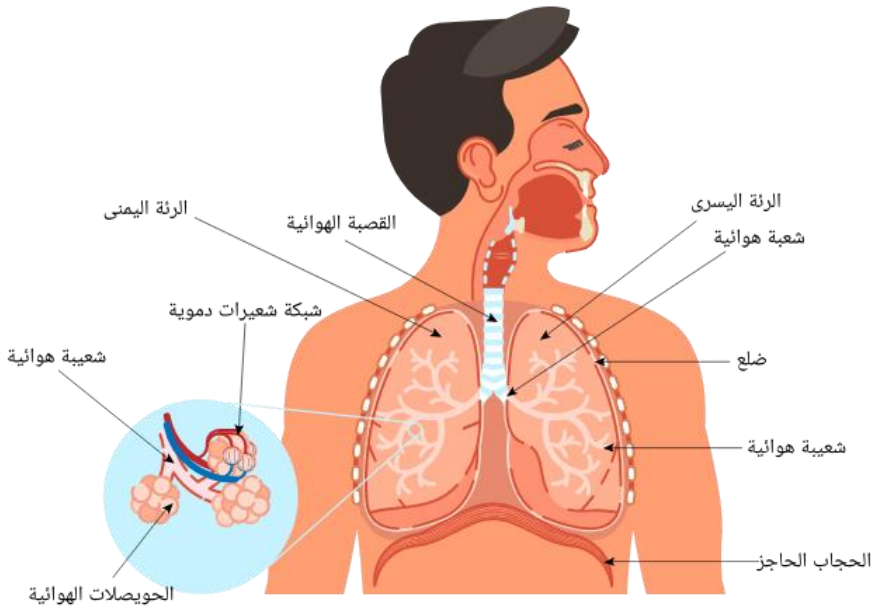
يؤدِّي النسيج الطلائي وظيفة في التبطين وحماية الجسم وأسطح الأعضاء. ترتبط خلايا النسيج الطلائي ارتباطًا وثيقًا إحداها بالأخرى لتكوِّن طبقة متصلة.



شكل يوضِّح الأجزاء العليا للجهاز التنفسي ومقطعٌ عرضيٌّ للقصبة الهوائية والمريء.

في أسفل الصدر، ، تتفرَّع القصبة الهوائية إلى فرع أيمن وفرع أيسر يُسمَّيان «الشعبتين الهوائيتين» (مفردها: شعبة هوائية). تصل الشعبتان الهوائيتان القصبة الهوائية بكلٍّ من الرئتين. داخل الرئتين تتفرَّع الشعبة الهوائية إلى المزيد من الأوعية الأصغر والأصغر التي تُسمَّى «الشعيبات الهوائية.«

في نهاية هذه الشعيبات الهوائية توجد تراكيب صغيرة على شكل أكياس تُسمَّى «الحويصلات الهوائية»، وهي التي تمثِّل موقع حدوث عملية تبادُل الغازات في الرئتين. من المثير للدهشة أنه يوجد حوالي 600 مليون حويصلة هوائية في كل رئة لدى الإنسان.



شكل يوضِّح تشريح الجزء السفلي من الجهاز التنفسي وصورة مُكبَّرة لنهاية إحدى الشعيبات الهوائية الطرفية التي تنتهي بحزمة من الحويصلات الهوائية.

وظائف القصبة الهوائية والحويصلات الهوائية ووَصْف تركيبهما. بعد ذلك سنسمِّي الأجزاء المناظرة في الرسم التوضيحي التي تتناسب مع وصفنا للصورة.

القصبة الهوائية هي أنبوب صلب يصل الرئتين بالفم والأنف. تُسمَّى بـ «القصبة الهوائية» لأنها ممرٌّ أنبوبي كبير ينقل الهواء المُتحرّك. إذا ضغطتَ بيدك على الجانب الأمامي لعنقك فسوف تشعر بسهولة بالقصبة الهوائية. في الصدر، بالقرب من الرئتين، تتفرَّع القصبة الهوائية إلى شعبتين تتفرَّعان بدورهما أكثر إلى ممرَّات أصغر وأصغر تُسمَّى «الشعيبات الهوائية».

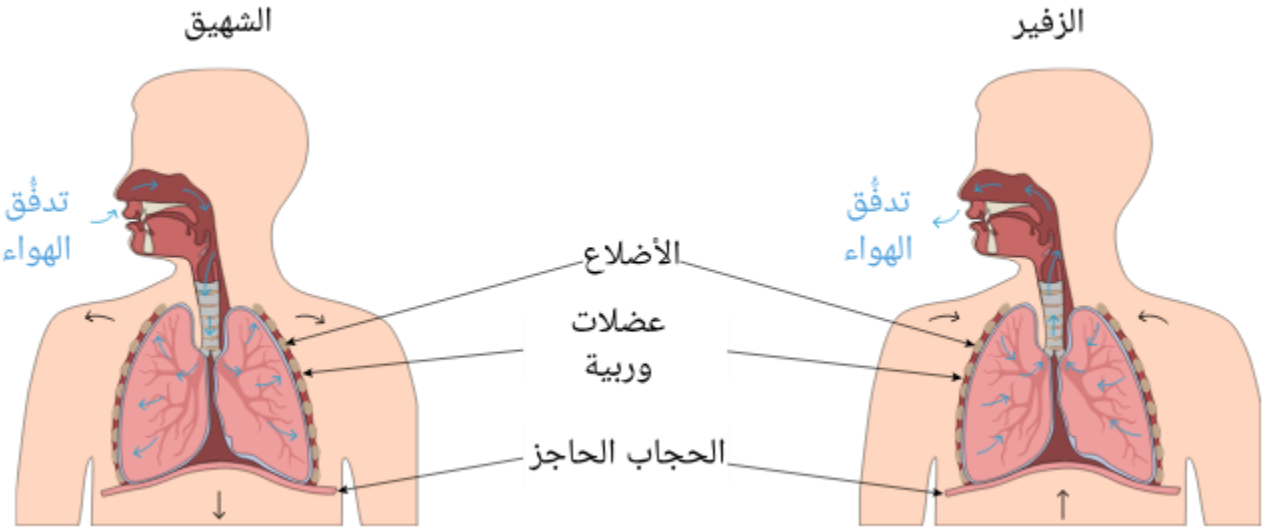
أما الحويصلات الهوائية فهي مُركَّبات صغيرة من الأنسجة توجد عند نهاية أصغر الشعيبات الهوائية. إنها تظهر على شكل تجمُّع من فقاعات الصابون أو عنقودِ عنبٍ. الحويصلات الهوائية عبارة عن أكياسٍ جدرانها رقيقة مملوءة بالهواء، وهي موقع حدوث عملية تبادُل الغازات في الرئتين. إنها محاطة بشعيرات دموية أيضًا. الشعيرات الدموية عبارة عن أوعية دموية لها جدران رقيقة للغاية أيضًا. ينتشر ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الحويصلات الهوائية ليتخلَّص الجسم منه أثناء الزفير. ينتشر الأكسجين القادم من الهواء إلى الدم من خلال الحويصلات الهوائية لتمتصَّه خلايا الدم الحمراء التي تنقله إلى جميع أجزاء الجسم.

عندما نأخذ نفسًا تنقبض العضلات الوربية، وترتفع الأضلاع لأعلى وللخارج. ينقبض أيضًا الحجاب الحاجز، وهو ما يجعله مسطَّحًا وينجذب لأسفل. هذا يجعل الرئتين الإسفنجيتين الرقيقتين تتمدَّدان وتتَّسعان لأن الفراغ داخل القفص الصدري أصبح أكبر. لعلك تتذكَّر أن الغازات تتدفَّق من المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق ذات الضغط المنخفض، تمامًا مثل السوائل. عندما تتَّسع الرئتان يزيد

حجمهما، وهذا ما يجعل الضغط داخلهما منخفضًا. نظرًا لأن الضغط داخل الرئتين الآن أقل من الضغط خارج الجسم فإن الهواء سيتدفَّق من خارج الجسم إلى داخل الأنف، وينزل عبر القصبة الهوائية ثم إلى داخل الرئتين. تُعرَف هذه الحركة بـ «الشهيق».

الشهيق

الشهيق هو استنشاق الهواء من الهواء الجوي المحيط إلى داخل الرئتين بسبب اتِّساع الرئتين، وهو ما يقلِّل ضغطهما النسبي.



عندما نُخرِج نفسًا تنبسط العضلات الوربية، وتتحرَّك الأضلاع إلى الأسفل وللداخل.
ينبسط الحجاب الحاجز كذلك، الأمر الذي يجعله يندفع لأعلى مرة أخرى. هذا يجعل الرئتين أصغر حجمًا لأن التجويف الصدري أصبح أصغر. تنكمش الرئتان، وهو ما يقلِّل حجمهما، الأمر الذي يؤدِّي إلى زيادة الضغط داخلهما. بما أن الضغط داخل الرئتين الآن أعلى من ضغط الهواء خارج الجسم فإن هذه الحركة تدفع الهواء إلى خارج الرئتين، ويصعد عبر القصبة الهوائية، ثم يخرج من الأنف للهواء. هذه الحركة نسمِّيها «الزفير». إذا وضعتَ يدك على الجزء السفلي من صدركَ وأخذتَ نفسًا عميقًا وأخرجتَه فستتمكَّن من الشعور باتِّساع تجويفك الصدري وانقباضه خلال عملية الشهيق والزفير.

الزفير

الزفير هو إخراج الهواء من الرئتين إلى الهواء الجوي الخارجي بسبب تقلُّص الرئتين، وهو ما يزيد ضغطهما النسبي.

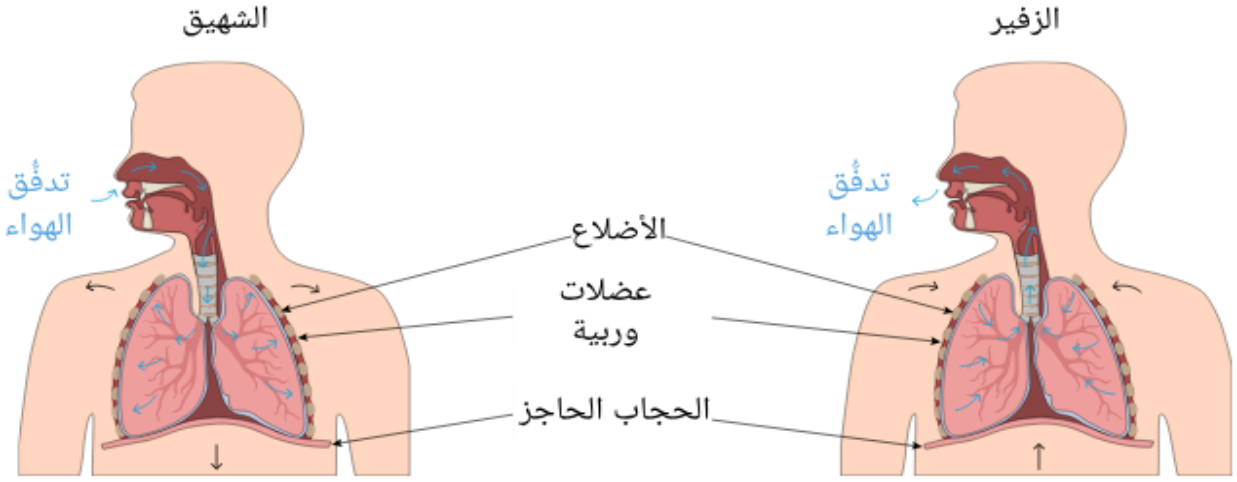
لرئتان عبارة عن عضوين إسفنجيَّين رقيقين لا يمكنهما التحرُّك من تلقاء أنفسهما. عندما نُخرج نفسًا، أو أثناء الزفير، يعمل جهازنا التنفسي وما يتَّصل به من تراكيب معًا على دفع الهواء خارج الرئتين. لكي يحدث ذلك يجب أن تنكمش الرئتان، وهو ما يقلِّل حجمهما، وهذا يتسبَّب في زيادة الضغط داخلهما. ينتقل الهواء من المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق ذات الضغط المنخفض. عندما تنكمش الرئتان يصبح الضغط داخلهما أعلى من ضغط الهواء خارج الجسم. هذا ما يدفع الهواء خارج الرئتين، وعبر القصبة الهوائية لأعلى؛ ليخرج من الأنف إلى الهواء الخارجي. لكي تنكمش الرئتان يجب أن يصبح التجويف الصدري أصغر؛ الأمر الذي يغيِّر شكل الرئتين بداخله. ولكي يصبح التجويف الصدري أصغر تنبسط العضلات الوربية الموجودة بين الأضلاع، وهو ما يحرِّك الأضلاع إلى أسفل وللداخل. ينبسط الحجاب الحاجز أيضًا، وهو ما يجعله يتمدَّد إلى أعلى. يؤدِّي هذا إلى تقلُّص التجويف الصدري، وتنكمش الرئتان، الأمر الذي يزيد الضغط ويؤدِّي إلى حدوث الزفير.

عندما يقوم شخص بعملية الزفير يتحرَّك الحجاب الحاجز إلى أعلى.

عندما يقوم شخص بعملية الزفير تتحرَّك الأضلاع إلى الداخل.

عندما يقوم شخص بعملية الزفير يقلُّ حجم التجويف الصدري، ويزيد ضغط الهواء داخل الرئتين.

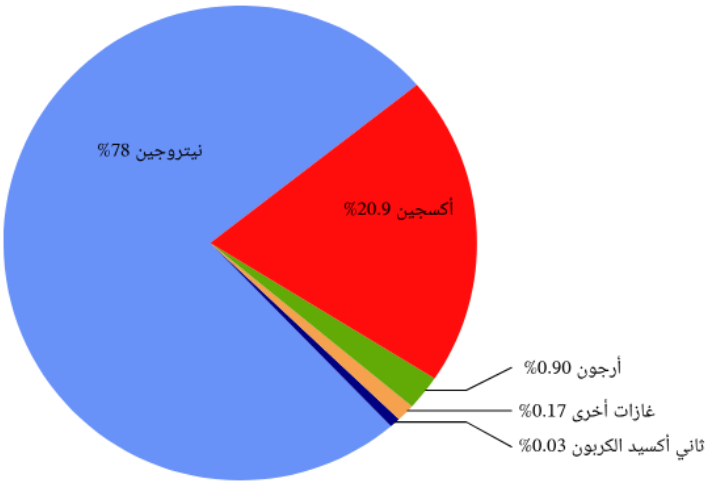
الرئتان عبارة عن عضوين مُعقَّدين مُهيَّئين للسماح للأكسجين القادم من الهواء بالانتشار بسرعة وبفعالية داخل الدم، وكذلك للسماح لثاني أكسيد الكربون الموجود في الدم بالانتشار بسرعة وفعالية للخروج إلى الهواء. لكن لماذا تُعتبَر عملية تبادُل الغازات ضرورية على الإطلاق؟ حسنًا، تحتاج خلايا الجسم إلى أكسجين لتوليد طاقة خلوية من خلال عملية تُسمَّى «التنفس الخلوي». تُستخدَم هذه الطاقة الخلوية في أداء جميع وظائف الخلايا، وهو ما يبقيها على قيد الحياة؛ الأمر الذي بدوره يبقينا على قيد الحياة. يستهلك التنفس الخلوي كمية كبيرة من الأكسجين، ويُنتِج ثاني أكسيد الكربون باعتباره ناتجًا ثانويًّا. إذا تراكم ثاني أكسيد الكربون داخل أجسامنا فسيكون هذا ضارًّا للغاية، لذلك لا بد من التخلُّص منه من أجسامنا على صورة فضلات.



التنفس الخلوي الهوائي

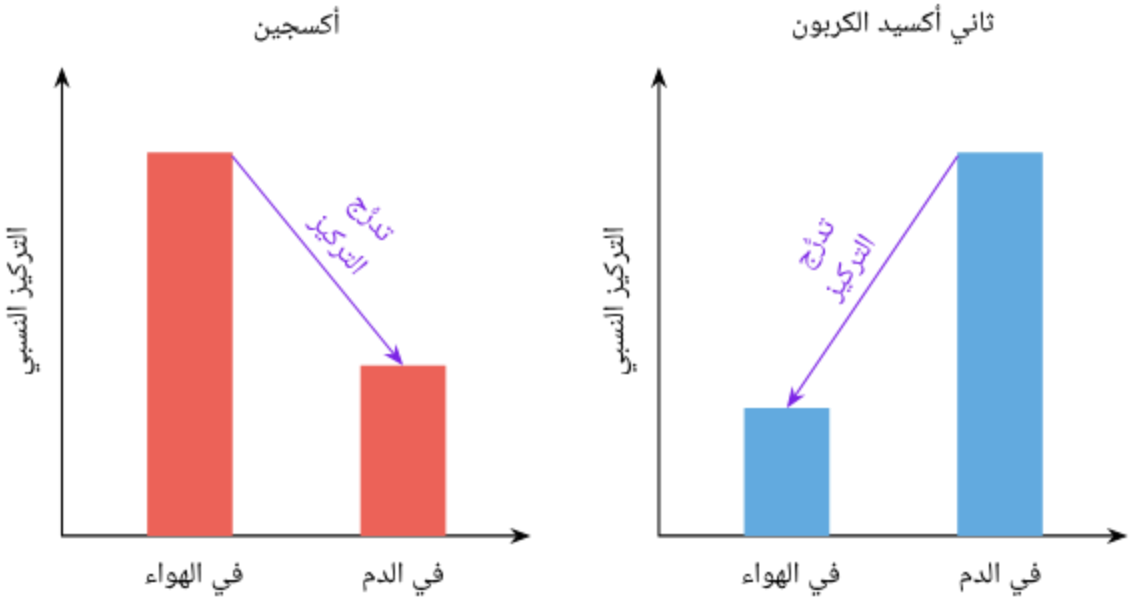
التنفس الخلوي الهوائي هو عملية تتمُّ في الخلايا؛ حيث يتكسَّر سكر الجلوكوز من خلال التفاعل مع الأكسجين لتوليد طاقة في صورة جزيء ATP، وإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء باعتبارهما ناتجين ثانويين.

الهواء المحيط بنا عبارة عن خليط من الغازات كما هو موضَّح في الشكل 5. إنه يتكوَّن من حوالي 78%من غاز النيتروجين، و 21%من غاز الأكسجين، و 0.03%من غاز ثاني أكسيد الكربون. أما نسبة الـ 1%تقريبًا المتبقية فإنها تظلَّ خليطًا من غاز الأرجون وبخار الماء وبعض الغازات الأخرى. على الرغم من أن النسبة الكبيرة من الهواء الذي نتنفَّسه نيتروجين فإن تركيز الأكسجين به مرتفع نسبيًّا، وتركيز ثاني أكسيد الكربون منخفض للغاية. هذا مهمٌّ في عملية التنفس لأن عملية تبادُل الغازات في الرئتين تحدث عن طريق الانتشار.



مُخطَّط دائري يوضِّح مُكوِّنات الهواء من الغازات التي تكوِّن الهواء الجوي. يحتوي الهواء على تركيز مرتفع نسبيًّا من الأكسجين وتركيز منخفض من ثاني أكسيد الكربون.

قد تتذكَّر أن الانتشار هو حركة الجزيئات من المناطق ذات التركيز المرتفع إلى المناطق ذات التركيز المنخفض. يُطلَق على الفرق في التركيز «تدرُّج التركيز»، وتتحرَّك الجزيئات دائمًا إلى أسفل تدرُّج التركيز أثناء عملية الانتشار. هذا المفهوم موضَّح بيانيًّا في الشكل 6. عملية الانتشار عملية سلبية، وتحدث تلقائيًّا دون الحاجة إلى مُدخِلات طاقة إضافية.



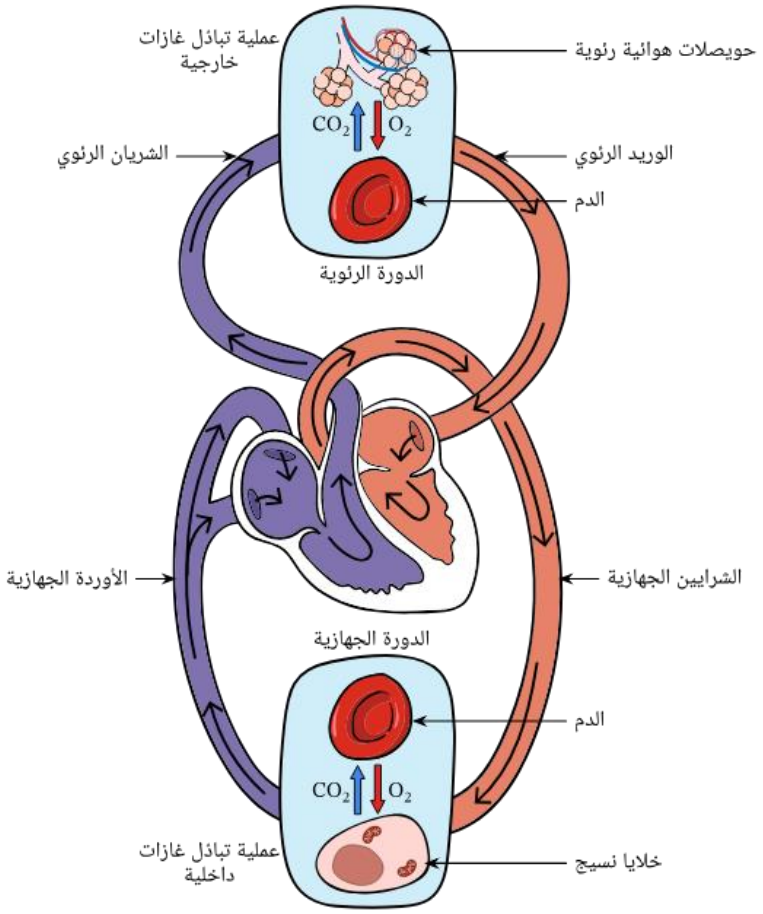
تمثيلان بيانيَّان يوضِّحان تدرُّج التركيز للأكسجين ولثاني أكسيد الكربون بين الهواء الجوي والدم.
تنتشر الجزيئات دائمًا لأسفل مع تدرُّج تركيزها.

تدرُّج التركيز

تدرُّج التركيز هو الفرق النسبي بين التركيزات الذي يسبِّب حدوث عملية الانتشار. تتحرَّك الجزيئات من المناطق ذات التركيز المرتفع إلى المناطق ذات التركيز المنخفض؛ أي إلى الأسفل مع اتجاه تدرُّج تركيزها.

عندما نأخذ نفسًا يتدفَّق الهواء الغني بالأكسجين إلى داخل الرئتين. الدم الذي يدخل الرئتين يحتوي على تركيز منخفض جدًّا من الأكسجين، وتركيز مرتفع نسبيًّا من ثاني أكسيد الكربون. نظرًا لأن تركيز الأكسجين في الهواء أعلى من تركيزه في الدم سينتشر الأكسجين أسفل اتجاه تدرُّج التركيز من الهواء إلى الدم.

بالإضافة إلى ذلك تركيز ثاني أكسيد الكربون في الدم أعلى من تركيزه في الهواء داخل الرئتين. هذا يتسبَّب في انتشار ثاني أكسيد الكربون أسفل اتجاه تدرُّج التركيز والخروج من الدم. أثناء الزفير يتخلَّص الجسم من ثاني أكسيد الكربون، الذي ينتشر خارج الدم، على صورة فضلات.

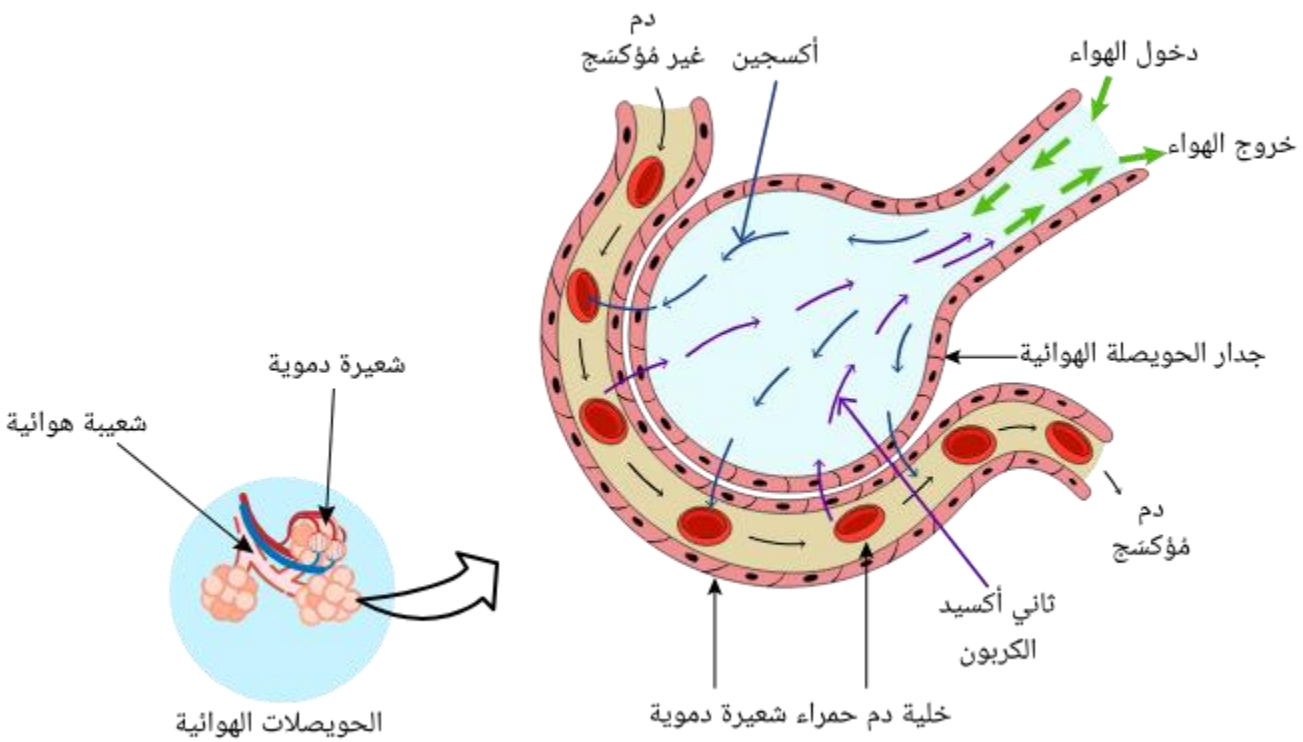


شكل يوضِّح تدفُّق الدم وعملية تبادُل الغازات بين خلايا الجسم والهواء الجوي الخارجي من خلال الرئتين.

تحدث عملية تبادُل الغازات هذه، أي دخول الأكسجين للدم وخروج ثاني أكسيد الكربون منه، داخل الرئتين في تراكيب مُتخصِّصة صغيرة تُسمَّى «الحويصلات الهوائية». تنتهي كل شعيبة هوائية صغيرة للغاية داخل الرئتين بتجمُّعٍ من الأكياس الشبيهة بالفقاعات تُسمَّى «الحويصلات الهوائية». تتكوَّن هذه الحويصلات الهوائية من نسيج طلائي رقيق للغاية. من الخارج تُحاط الحويصلات الهوائية بالكامل تقريبًا بأوعية دموية صغيرة تُسمَّى «الشعيرات الدموية». هذه الأوعية الدموية أيضًا لها جدران رقيقة للغاية. يبلغ سُمك الحاجز بين الهواء والدم الذي تكوِّنه الخلايا في جدران الحويصلات الهوائية والأوعية الدموية حوالي 2 جزء من المليون من المتر. قطر الشعيرات الدموية صغير للغاية لدرجة أن خلايا الدم الحمراء، أو كريات الدم الحمراء، الموجودة داخلها يجب أن تمرَّ خلالها واحدة تلو الأخرى.

الحويصلات الهوائية (مفردها: حويصلة هوائية)

الحويصلات الهوائية هي تراكيب من نسيج طلائي رقيق على شكل فقاعات، ومحاطة بالشعيرات الدموية. يتمُّ تبادُل الغازات الموجودة داخل الحويصلات الهوائية مع الغازات الموجودة في الدم داخل الشعيرات الدموية.



شكل يوضِّح تركيب الحويصلة الهوائية بالتفصيل. الحويصلات الهوائية هي موقع حدوث عملية تبادُل الغازات في الرئتين.

ونظرًا لأن جدران الشعيرات الدموية والحويصلات الهوائية رقيقة للغاية فإن ثاني أكسيد الكربون الموجود في الدم يمكنه أن ينتشر خارج الدم بسرعة. لهذا السبب نفسه ينتشر الأكسجين بفعالية في الدم؛ حيث تمتصُّه خلايا الدم الحمراء. لخلايا الدم الحمراء بروتين خاصٌّ يُسمَّى «الهيموجلوبين»، وهو الذي يساعد هذه الخلايا في نقل الأكسجين من الرئتين إلى أنسجة الجسم التي تحتاج إليه.

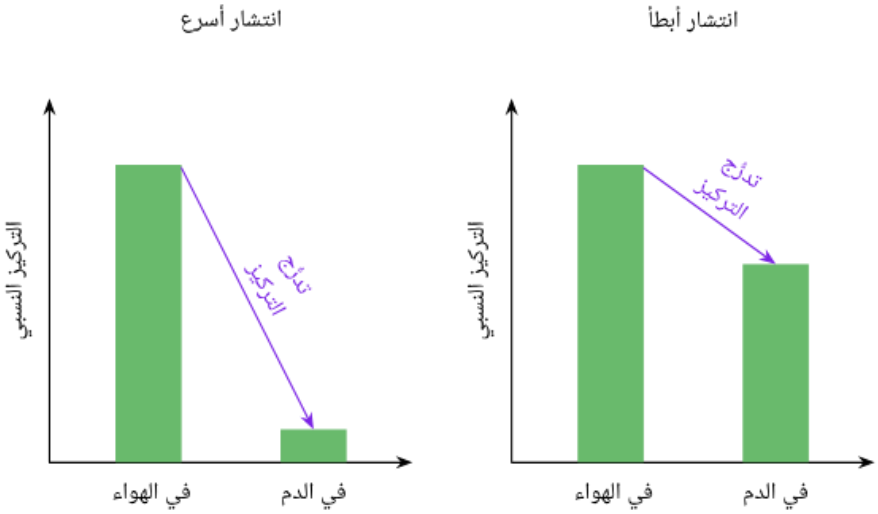
بالإضافة إلى الجدران الرقيقة التي تقصِّر المسافة خلال عملية الانتشار، فإن الحويصلات الهوائية لديها أوجه تكيُّف أخرى تسمح بالتبادُل الفعَّال للغازات بين الدم والهواء الجوي.

أولًا، عدد الحويصلات الهوائية كبير جدًّا. تركيبها الذي يشبه الفقاعات يزيد من مساحة السطح المتاحة لعملية تبادُل الغازات داخل الرئتين. لو مددنا أسطح جميع الحويصلات الهوائية الموجودة في

كِلا الرئتين على سطح مستوٍ فسوف تغطِّي مساحة ملعب تنس. تسمح مساحة السطح الكبيرة هذه بحدوث المزيد من عمليَّات انتشار الغازات.

ثانيًا، الدم في الشعيرات الدموية يتحرَّك باستمرار من الرئتين وإليهما مع كل ضربة من ضربات القلب. يُنقَل الدم المُؤكسَج من الرئتين بسرعة، ويتمُّ إحلال دم غير مُؤكسَج محلَّه. هذا يسمح ببقاء تدرُّج التركيز بين الدم والهواء منحدرًا قدر الإمكان. يزيد انحدار تدرُّج التركيز بين الدم والهواء الجوي من معدَّل انتشار الغازات من الدم وإليه.

وأخيرًا، تكون الأسطح الداخلية للممرَّات الهوائية والأسطح الداخلية للرئتين كلها رطبة لكي تُشَبِّع الهواء ببخار الماء. يلعب بخار الماء هذا دورًا وقائيًّا مهمًّا على السطح الرقيق جدًّا للحويصلات الهوائية. إنه يحميها من الجفاف ويقلِّل التوتر السطحي؛ الأمر الذي يمنع انهيار الحويصلات الهوائية. يخرج بخار الماء هذا جزئيًّا خلال الزفير، وهو ما يؤدِّي إلى فقدان أجسامنا ربع كمية الماء التي نتناولها يوميًّا خلال التنفس.



شكل يوضِّح كيف تنتشر الجزيئات بسرعة أكبر لأسفل مع تدرُّج تركيز أكثر انحدارًا.

الحويصلة الهوائية لها مساحة سطح كبيرة بالنسبة إلى حجمها تحدث عملية تبادُل الغازات، أي دخول الأكسجين إلى الدم وخروج ثاني أكسيد الكربون، داخل الرئتين في تراكيب مُتخصِّصة صغيرة تُسمَّى «الحويصلات الهوائية». تنتهي كل شعيبة هوائية صغيرة للغاية داخل الرئتين بتجمُّع من الأكياس يشبه الفقاعات يُسمَّى «الحويصلات الهوائية». تُحاط الحويصلات الهوائية بالكامل تقريبًا بأوعية دموية صغيرة تُسمَّى «الشعيرات الدموية». يُعدُّ عدد الحويصلات الهوائية كبيرًا جدًّا. تركيبها الذي يشبه الفقاعات يزيد من مساحة السطح المتاحة لعملية تبادُل الغازات داخل الرئتين. لو مددنا أسطح كل الحويصلات الهوائية الموجودة في كِلا الرئتين على سطح مستوٍ فسوف تغطِّي مساحة ملعب

تنس. ونظرًا لأن الحويصلات الهوائية توفِّر مساحة السطح الكبيرة هذه للاتصال بين الرئتين والشعيرات الدموية الصغيرة، فإنه يمكن لكميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الدم أن تنتشر خارج الدم بسرعة ليتخلَّص منها الجسم أثناء الزفير. ولهذا السبب نفسه يمكن أن تنتشر كميات كبيرة من الأكسجين سريعًا في الدم؛ حيث تمتصُّها خلايا الدم الحمراء.

لذا، فإن ميزة مساحة السطح الكبيرة لدى الحويصلة الهوائية بالنسبة إلى حجمها تكمُن في أنها تتيح مساحة سطح كبيرة لحدوث مزيد من الانتشار.

ونتيجةً للتنفس الخلوي تحتاج خلايا الجسم باستمرار إلى الأكسجين، وتُنتِج باستمرار ثاني أكسيد الكربون. يسمح عمل الرئتين لأجسامنا بالتخلُّص بفعالية من فضلات ثاني أكسيد الكربون الذي تُنتِجه الخلايا، وإعادة توفير الأكسجين بسرعةٍ حال استهلاكه.

ملاحظات علي الجهاز التنفسي

الرئتان هما العضوان الرئيسيان في الجهاز التنفسي، والعضوان الأساسيان المسئولان عن عملية تبادُل الغازات.

تتَّسع الرئتان وتتقلَّصان، الأمر الذي يتسبَّب في دخول الهواء وخروجه منهما.

يُضخُّ الدم إلى الرئتين؛ حيث يصبح مُؤكسَجًا عن طريق امتصاص الأكسجين من الهواء.

ينقل الدم ثاني أكسيد الكربون إلى الرئتين ليتخلَّص الجسم منه.

للحويصلات الهوائية أوجه تكيُّف عديدة تسمح للرئتين بتبادُل الغازات بفعالية واستمرار بين الدم والهواء الجوي.

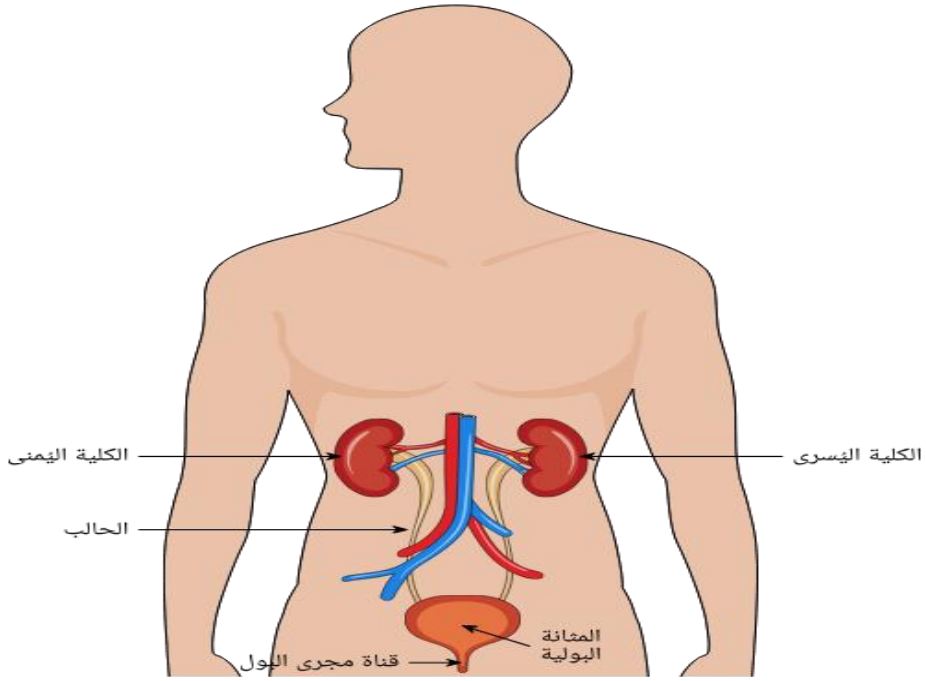
الجهاز البولي

الكليتان

الكليتان عضوان بحجم قبضة اليد على شكل حبَّة اللوبيا يقعان على جانبَي العمود الفقري ويُرشِّحان الدم لتكوين البول.

الكليتان عُضوان نشيطان للغاية. تعمل الكليتان على ترشيح الفضلات من الدم وتحويلها إلى بول. تحتوي الكليتان على 20%من حجم الدم الموجود في جسم الإنسان في أي وقت من الأوقات. وتُرشِّح الكليتان نحو 180–200لتر من الدم كل يوم،وتُخرجان متوسطًا قدره 1.5لتر من البول. يسمح التركيب المتخصص للكلية بأداء هذه الوظيفة الأساسية.

والكُلى أحد الأعضاء الرئيسية في جهاز الإخراج. وجهاز الإخراج هو الجهاز المسئول عن التخلُّص من الفضلات الأيضية بمختلف أنواعها. يحتوي هذا الجهاز، على الكليتين والرئتين والجلد والكبد. كما أن الكليتين هما العضو الأساسي الذي نُشير إليه غالبًا باسم «الجهاز البولي». هذا الجهاز مسئول بشكلٍ خاص عن إخراج البول من الجسم. ويحتوي الجهاز البولي على الكليتين والحالبين والمثانة البولية وقناة مجرى البول.



يُوضِّح أعضاء الجهاز البولي ويشمل الكليتين والحالبين والمثانة البولية وقناة مجرى البول.

الكليتان عضوان بحجم قبضة اليد يقعان على جانبَي العمود الفقري بالقرب من الجزء السفلي من القفص الصدري وخلف الغشاء البريتوني. وعلى عكس البشر، تمتلك الفقاريات البدائية كُلى طويلة ورقيقة تقع على جانبَي العمود الفقري. وظيفة الكُلى هي ترشيح الفضلات من الدم وتكوين البول. ويصل الحالبان الكليتين بالمثانة البولية. والمثانة البولية، التي عادةً ما تُسمَّى اختصارًا باسم

«المثانة»، عضو عضلي قابل للتمدُّد يُشبه الكيس ويقع في الجزء السفلي من الحوض، ووظيفتها تخزين البول حتى يصبح جاهزًا لإخراجه من الجسم. تتحكَّم إحدى العضلات العاصرة في إخراج البول، وعند التبول يخرج البول من المثانة إلى خارج الجسم عبر أنبوب يُسمَّى «قناة مجرى البول».

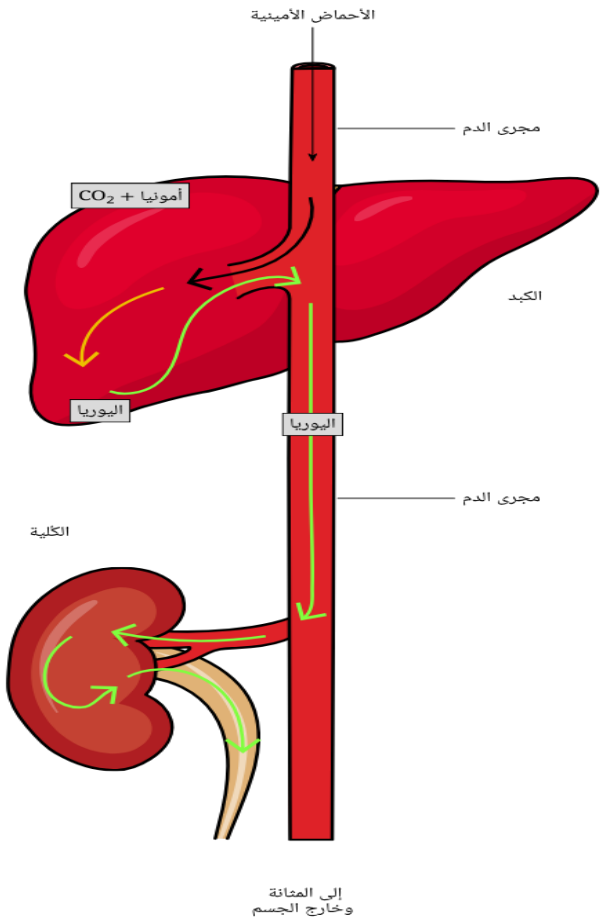
البول

البول عبارة عن فضلات سائلة تُكوّنها الكُلى، ويتكوَّن من الماء واليوريا والأيونات وأنواع أخرى من الفضلات القابلة للذوبان.

الجهاز البولي هو الجهاز المسئول عن تكوين البول وإخراجه من الجسم. البول نوعٌ من الفضلات السائلة التي تتكوَّن من الماء والأيونات والفضلات القابلة للذوبان، مثل اليوريا. ويُكوَّن البول في الكلى. وتقوم الكلى بترشيح الدم وتنقيته من الفضلات وموازنة الأيونات والسوائل. وكُل ما تُرشِّحه الكلى من الدم يُعَد بولًا.

تعمل الكلى بالاشتراك مع الأعضاء الأخرى في الجهاز البولي على إخراج هذا البول من الجسم. ويصل الحالبان الكليتين بالمثانة البولية التي تخزّن البول، ثم يتم إخراج هذا البول خارج الجسم عن طريق قناة مجرى البول المتصلة بالمثانة البولية. بعد أن تُكوّن الكليتان البول، يُدفَع إلى أسفل الحالبين إلى المثانة لتخزينه. خلال التبول، يُطرد البول من المثانة إلى خارج الجسم عبر قناة مجرى البول.

المثانة هي العضو الذي يرتبط بالكلية عن طريق الحالب.



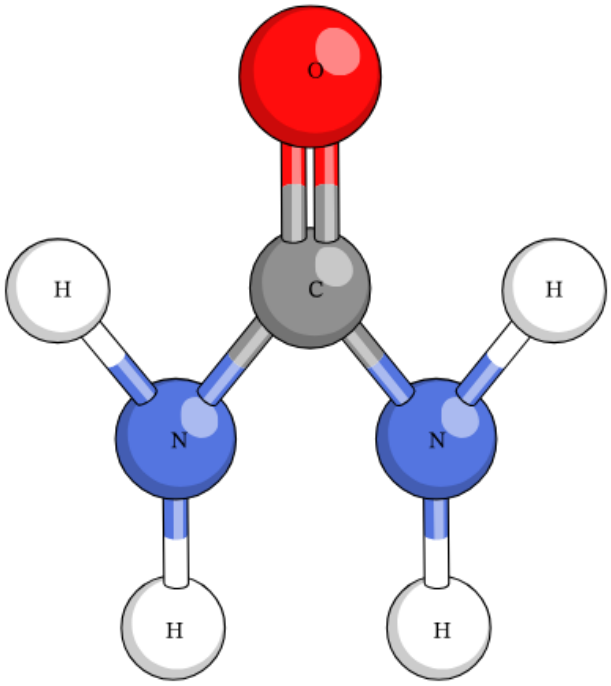
شكل يُوضِّح تكسير الأحماض الأمينية لتكوين الأمونيا (مركب سام)، التي تُحوَّل بعد ذلك إلى يوريا (إحدى فضلات الجسم) في الكبد ثم تُنقل إلى الكلى للتخلُّص منها خارج الجسم.

يحتوي البول على مادة اليوريا الكيميائية (الكارباميد). واليوريا هي الفضلات الناتجة عن تكسير الأحماض الأمينية، التي تُعَد وحدات بناء البروتينات في الجسم. ويَنتج عن تكسير الأحماض الأمينية مادة كيميائية سامة تُسمَّى «الأمونيا». تُحوِّل الكبد هذه الأمونيا إلى يوريا، وهي تُعَد أكثر أمانًا للجسم. بعد ذلك تُرشِّح الكليتان اليوريا من الدم، ثم تُخرجها من الجسم في البول. يمكنك ملاحظة هذه العمليات موضَّحة في الشكل 2. نظرًا لأن كل جزيء من اليوريا يحتوي على ذرتين من النيتروجين، كما هو موضَّح في الشكل 3، فإنها يُشار إليها على أنها فضلات نيتروجينية.

اليوريا (الكارباميد):

اليوريا نوعٌ من أنواع الفضلات النيتروجينية التي تتكوَّن باعتبارها نواتج نهائية لأيض مكوِّنات البروتينات.

CH_4N_2O



إن التخلُّص من الفضلات مثل اليوريا جزء مهم من كيفية احتفاظ أجسامنا بالبيئة الداخلية الطبيعية والثابتة، وهي العملية التي تُسمَّى أيضًا «الاتزان الداخلي». بالإضافة إلى وظيفة الكلى في التخلُّص من الفضلات النيتروجينية بأمان، تعمل الكلى أيضًا على الحفاظ على الاتزان الداخلي من خلال المساعدة في تنظيم مستويات السوائل ومستويات الأيونات ومستويات الرقم الهيدروجيني في الدم. قد يُؤدِّي اختلال الاتزان الداخلي سريعًا إلى الإصابة بالأمراض وأحيانًا الوفاة، ولهذا يجب أن تُؤدي الكلى وظائفها بنشاط وبصورة مستمرة.

الاتزان الداخلي

الاتزان الداخلي هو الحفاظ على بيئة داخلية ثابتة طبيعية، وتنظيمها بما يسمح بإتمام العمليات البيولوجية بشكل صحيح داخل الكائن الحي.

ملحوظه:

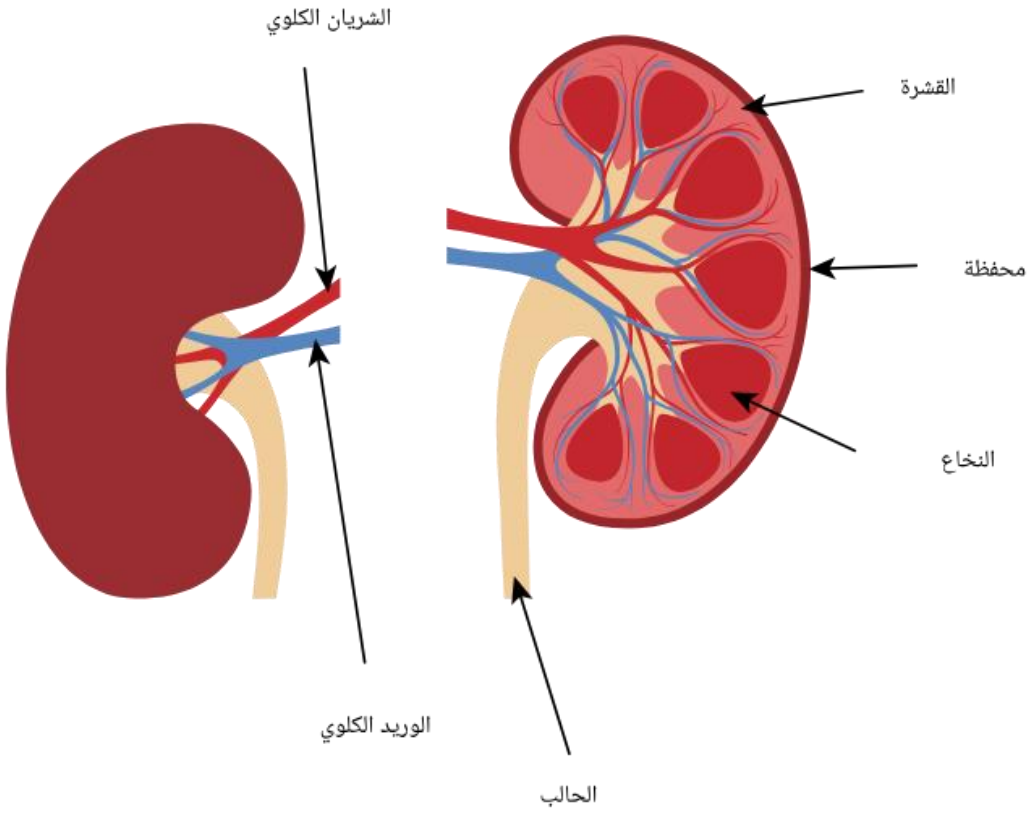
لكليتان عضوان في الجهاز البولي. وتتمثَّل وظيفتهما في ترشيح الدم وتنقيته من الفضلات، وإخراج هذه الفضلات في صورة بول. يتكوَّن البول من الماء والأيونات والفضلات القابلة للذوبان مثل اليوريا. ونقصد بالفضلات هنا نواتج التفاعلات الكيميائية التي لا يحتاج إليها الجسم أو الضارة بالجسم. يُطلَق على عملية التخلُّص من الفضلات من الجسم «الإخراج.»

واليوريا هي الفضلات الناتجة عن تكسير الأحماض الأمينية. والأحماض الأمينية جزيئات صغيرة مرتبطة بعضها ببعض لتكوين البروتينات. ويَنتج عن تكسير الأحماض الأمينية في الجسم إحدى المواد الكيميائية السامة، وتُسمَّى «الأمونيا». تُحوِّل الكبد الأمونيا إلى يوريا، وهي تُعَد أكثر أمانًا لأجسامنا. لكن إذا تراكمت اليوريا في الجسم، فيمكن أن تُصبح سامة أيضًا. ومن ثَمَّ، ترشِّح الكليتان اليوريا من الدم باستمرار وتتخلَّص منها في البول. لذلك يحتوي البول على مادة اليوريا.

تركيب الكليه

نُلقي نظرة فاحصة على الأجزاء المختلفة للكليتين وكيف تعمل معًا لترشيح الدم وتكوين البول.

تتمثَّل الوظيفة الأساسية للكليتين في ترشيح الدم وتحويل الفضلات إلى بول. يدخل الدم إلى الكليتين من خلال الشريانين الكلويين القادمين من الشريان الأورطي، ثم يخرج من خلال الأوردة الكلوية التي تصب في الوريد الأجوف السفلي. كلمة «كلوي» نسبة إلى «الكلية».

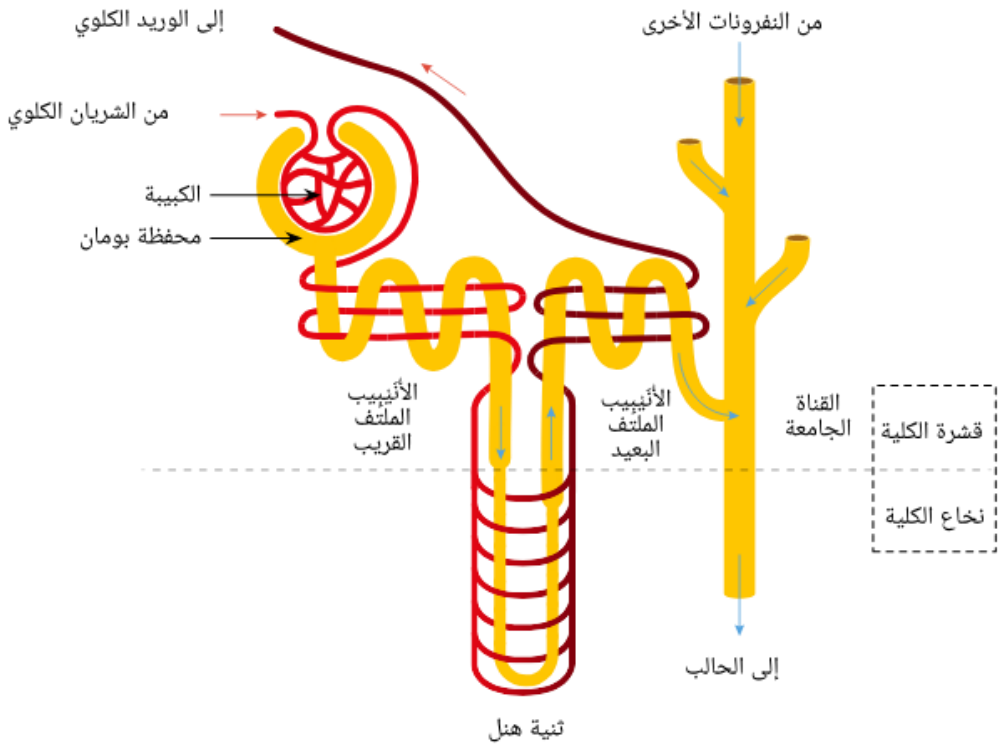


شكل يُوضِّح تشريح الكلى، ويشمل ذلك الوريد الكلوي والشريان الكلوي والمحفظة والقشرة والنخاع والحالب.

الكلى أعضاء ملساء ورقيقة. تحمي الكلى عظامُ الأضلاع، ويحيط بها ويدعمها غشاء قاسٍ يُعرَف باسم محفظة الكلية، كما هو موضَّح في الشكل 4. تحيط محفظة الكلية بطبقة من الأنسجة تُسمَّى قشرة

الكلية. توجد داخل القشرة أجزاء من الأنسجة تشبه شكل دمعة العين تُسمَّى نخاع الكلية. يوجد حوض الكلية في مركز الكلية، وهو الذي يصل الكلية بالمثانة عن طريق الحالب.

ينتشر في قشرة الكلية والنخاع ملايين التراكيب المجهرية التي تُسمَّى النفرونات، كما هو موضَّح في الشكل 5. هذه النفرونات، وهي مجموعة من الأُنَيْبِيبات والشعيرات الدموية، هي الوحدات الوظيفية للكلية التي تكوّن البول. يتصل كل نفرون بقناة جامعة، تتصل بحوض الكلية والحالب لتوصيل البول إلى المثانة. يَنتج البول بواسطة النفرونات في ثلاث خطوات: الترشيح الكبيبي، وإعادة الامتصاص الانتقائي، وتكوين البول (الإفراز).



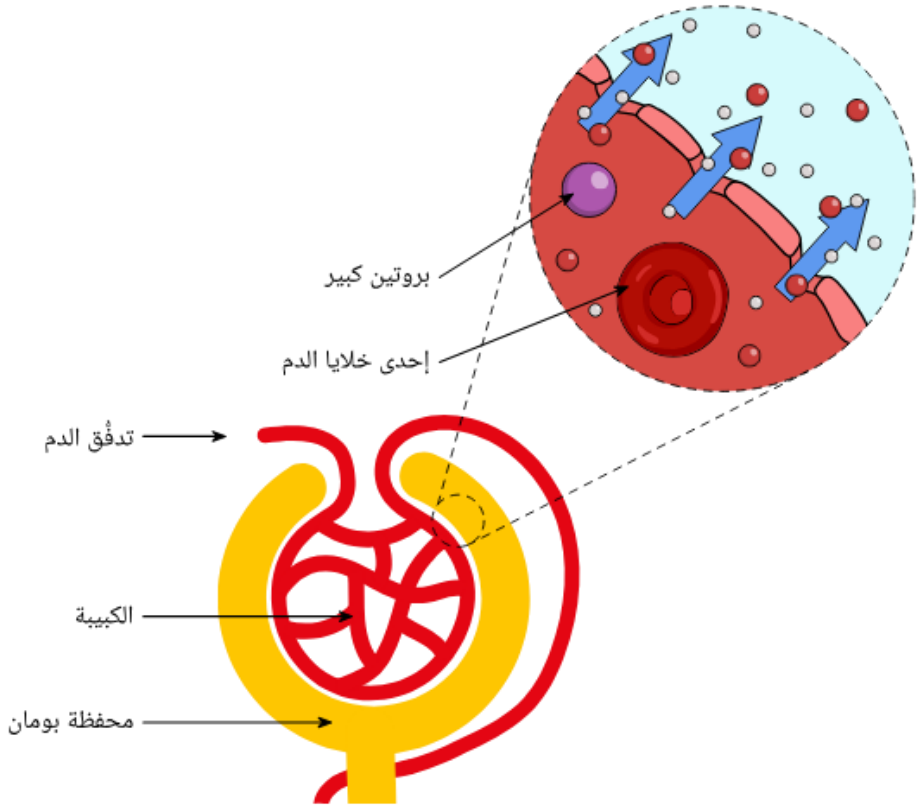
شكل يُوضِّح تشريح النفرون والتراكيب المساعدة له.

ملحوظه

الكلية هي العضو المسئول عن تكوين البول. وتقوم الكلية بتكوين البول عن طريق ترشيح الدم وإزالة الفضلات من الجسم. ويقوم بهذه الوظيفة آلاف من التراكيب المجهرية داخل الكلية تُسمَّى النفرونات. ويتكوَّن كل نفرون من أُنَيْبِيب صغير ملتف محاط بالشعيرات الدموية. تُفرَّغ النفرونات محتوياتها؛ أي البول الذي تكوّنه، في أنابيب أكبر تُسمَّى القنوات الجامعة. وتحمل هذه القنوات البول إلى الحالبين للتخلُّص منه من الكلية.

باستخدام هذه المعلومات، يمكننا استنتاج أن المصطلح العلمي المُعطى لهذه الأُنَيْبِيبات التي ترشِّح الدم لتكوين البول هو النفرونات.

والآن، هيا نَصِف خطوات تكوين البول. الخطوة الأولى هي الترشيح، وهي ملخَّصة في الشكل 6. يدخل الدم القادم من الشريانين الكلويين إلى كرة من الشعيرات الدموية تُسمَّى الكبيبة. وتُعَد الشعيرات الدموية الموجودة في الكبيبة مسامية بشكل خاص، وتُرشَّح كل عناصر الدم تقريبًا باستثناء الخلايا والبروتينات الكبيرة مثل الزلال. ويشمل ذلك الماء والأيونات والمغذيات (مثل الجلوكوز) والفضلات (مثل اليوريا). هذا الخليط يُسمَّى الراشح. وتُحاط الكبيبة بتركيبٍ يُسمَّى محفظة الكبيبة، وتُسمَّى أيضًا «محفظة بومان»، يوجد في قشرة الكلية ويعمل على امتصاص الراشح الذي خرج من الدم. كما تنقل محفظة بومان الراشح إلى النفرونات.



يتم الترشيح في الكبيبة (شبكة من الأوعية الدموية). يمر الماء والفضلات والجزيئات الصغيرة عبر جدران الشعيرات الدموية إلى محفظة بومان.

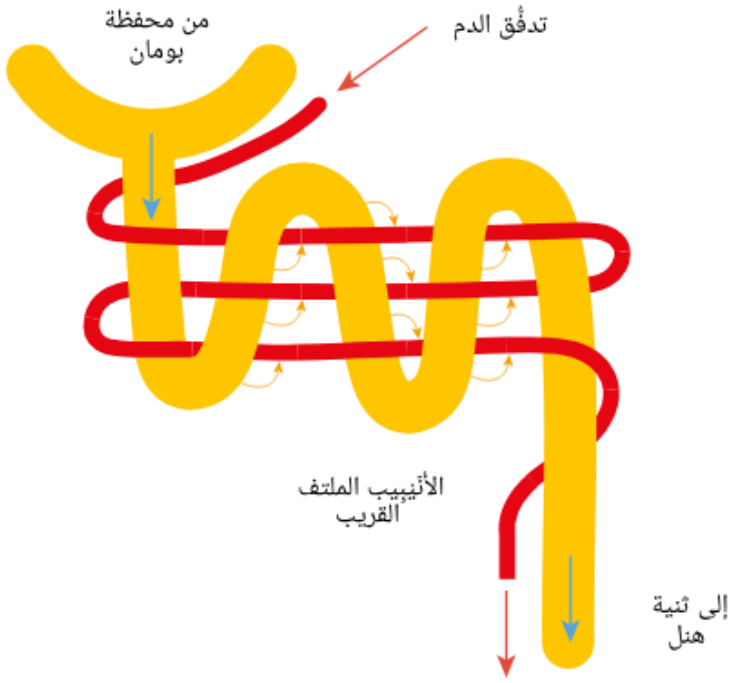
الترشيح

الترشيح هو الخطوة الأولى في عملية تكوين البول. وتُرشَّح جميع عناصر الدم تقريبًا خلال عملية الترشيح، ما عدا الخلايا والبروتينات الكبيرة، ثم تُمتَص عن طريق محفظة بومان.

الخطوة الثانية هي إعادة الامتصاص الانتقائي، كما هو موضَّح في الشكل 7. ويُحيط بالأُنَيْبِيب الكلوي الطويل الملتف للنفرون المزيد من الشعيرات الدموية المسئولة عن إعادة امتصاص المواد

التي يحتاج إليها الجسم. وفي الواقع، يظل جزء كبير من الراشح مفيدًا وضروريًّا للجسم. خلال إعادة الامتصاص الانتقائي، تُمتص عناصر مثل الأيونات والماء والجلوكوز من الراشح، وتُنقل مرة أخرى إلى مجرى الدم.

الجزء الأول من النفرون يُسمَّى الأُنَيْبِيب الملتف القريب. وأحيانًا ما يُسمَّى هذا الجزء بالأُنَيْبِيب الملتف الأول. في الأُنَيْبِيب الملتف القريب، يُعَاد امتصاص كلٍّ من الجلوكوز وبعض الماء والأيونات من الراشح من محفظة بومان لتعود إلى مجرى الدم عن طريق الشعيرات الدموية المحيطة بالأُنَيْبِيب الملتف القريب.



يبدأ الامتصاص الانتقائي في الأُنَيْبِيب الملتف القريب أيُّ عنصر مفيد في الراشح يُعاد امتصاصه في الشعيرات الدموية.

الجزء التالي من النفرون يُسمَّى الحلقة النخاعية أو ثنية هنل. تمتد هذه الثنية من القشرة إلى النخاع الكلوي. في هذا الجزء من النفرون، يُعاد امتصاص معظم الماء المتبقي من الراشح إلى مجرى الدم، ويُوازَن محتوى أيونات الدم بعناية لتكوين بول مركز.

إعادة الامتصاص الانتقائي

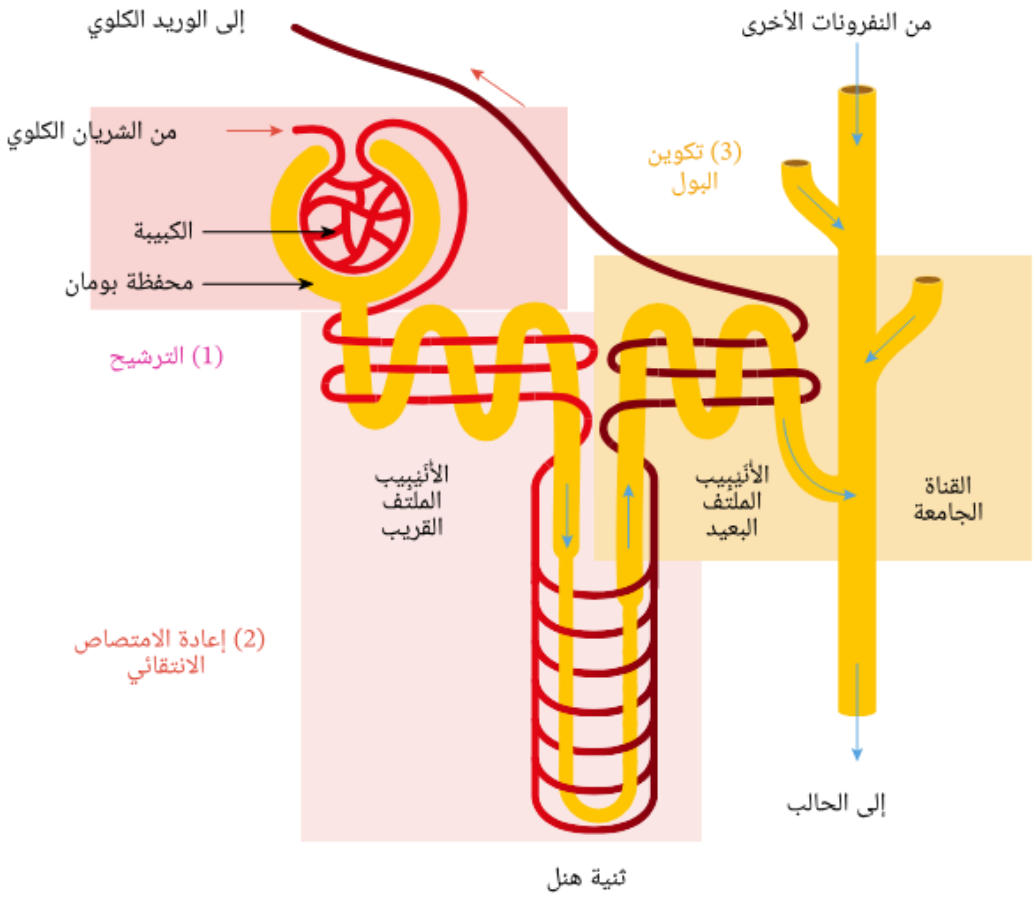
إعادة الامتصاص الانتقائي هو الخطوة الثانية في تكوين البول. أثناء إعادة الامتصاص الانتقائي، يُعاد امتصاص أي مادة مفيدة للجسم في الراشح إلى مجرى الدم.

الخطوة الأخيرة هي تكوين البول. بعد الخروج من ثنية هنل، يدخل الراشح إلى الأُنَيْبِيب الملتف البعيد أو الأُنَيْبِيب الملتف الثاني. في هذه المرحلة، أيًّا كان ما يتبقى في الأُنَيْبِيب يعتبر بولًا. يحتوي

البول عادةً على اليوريا كما ذكرنا، وبعض الأملاح غير العضوية (مثل الصوديوم)، وتُسمَّى أيضًا الأيونات، والماء. في الطبيعي، لا يحتوي البول على الجلوكوز والزلال، وفي حالة وجودهما في البول، يُشير ذلك إلى حدوث مشاكل صحية.

تتصل الأُنَيْبِيبات الملتفة البعيدة للعديد من النفرونات في قنوات جامعة أكبر حتى تصل إلى الحوض الكلوي في الكلى. يفرَّغ البول في الحوض الكلوي ليُغادر الكلية عبر الحالب. ويُغادر الدم المنقى حديثًا الكلية ويعود إلى القلب عن طريق الوريدين الكلويين.

الخطوة الأخيرة هي تكوين البول. بعد الخروج من ثنية هنل، يدخل الراشح إلى الأُنَيْبِيب الملتف البعيد أو الأُنَيْبِيب الملتف الثاني. في هذه المرحلة، أيًّا كان ما يتبقى في الأُنَيْبِيب يعتبر بولًا. يحتوي البول عادةً على اليوريا كما ذكرنا، وبعض الأملاح غير العضوية (مثل الصوديوم)، وتُسمَّى أيضًا الأيونات، والماء. في الطبيعي، لا يحتوي البول على الجلوكوز والزلال، وفي حالة وجودهما في البول، يُشير ذلك إلى حدوث مشاكل صحية.



.

شكل يُوضِّح الخطوات الثلاث لتكوين البول في النفرون

خطوات تكوين البول

يتكوَّن البول من ثلاث خطوات. الخطوة الأولى هي الترشيح، ويحدث الترشيح في محفظة بومان. أثناء الترشيح، تُرشَّح جميع الجزيئات الصغيرة تقريبًا من الدم المار عبر الكبيبة. وهذا يتضمَّن الماء والأيونات والفضلات القابلة للذوبان، وليس الخلايا والبروتينات الكبيرة. وتنقل محفظة بومان الراشح إلى الأُنَيْبِيب الملتف القريب. هذا هو الجزء الأول من الأُنَيْبِيب الكلوي الطويل الملتف للنفرون.

بعد الترشيح، في الأُنَيْبِيب الملتف القريب، تبدأ عملية إعادة الامتصاص الانتقائي. إعادة الامتصاص الانتقائي هي العملية التي يُعاد فيها امتصاص المواد المفيدة أو الضرورية التي أُزيلت في الراشح من الأُنَيْبِيب إلى مجرى الدم داخل الشعيرات الدموية. يتضمَّن ذلك مواد مثل الماء وبعض الأيونات والمغذِّيات مثل الجلوكوز. مع مرور الراشح خلال بقية الأُنَيْبِيب، تستمر إعادة الامتصاص الانتقائي وتُوازَن محتويات الدم بعناية. في النهاية، تفرَّغ أي كمية متبقية في الأُنَيْبِيب في القناة الجامعة ويتم التخلص منها في صورة بول.

تمثَّل وظيفة الكلى في تكوين البول. ويتكوَّن البول عن طريق مئات الآلاف من التراكيب المجهرية داخل الكلية، وتُسمَّى النفرونات. تكوِّن الكلى البول عن طريق ترشيح الدم، وهو أمر مهم للحفاظ على الاتزان الداخلي في الجسم. قد يُؤدي فشل الكلى في أداء وظيفتها بشكل صحيح إلى اختلال الاتزان الداخلي، وهو ما قد يؤدي إلى الإصابة بالأمراض والوفاة.

ملاحظات

تتمثَّل وظيفة الكلى في التخلُّص من الفضلات في صورة بول.

يتضمَّن تركيب الكلية القشرة، والنخاع، والشريان الكلوي، والوريد الكلوي، والحالب.

الوحدة الوظيفية للكلى عبارة عن تركيب مجهري يُسمَّى النفرون.

يتكوَّن كل نفرون من أُنَيْبِيب كلوي محاط بالشعيرات الدموية.

خطوات تكوين البول في النفرون هي الترشيح الكبيبي وإعادة الامتصاص الانتقائي وتكوين البول (الإفراز).

الجهاز التناسلي الذكري

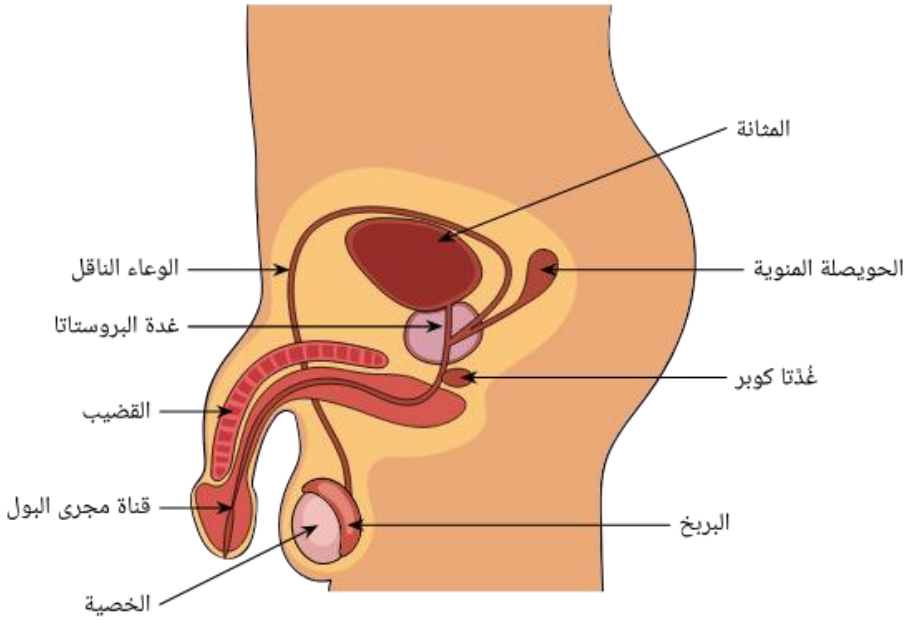
هل تعلم أن خصيتَي الرجل السليم يمكنهما إنتاج 5001 حيوان منوي كل ثانية؟ هذا يعني أن مئات الملايين من الحيوانات المنوية تتكوَّن كل يوم! ويمكن أن يحتوي 1 mL من السائل المنوي السليم، وهو السائل الذي يحتوي على الحيوانات المنوية، على ما يصل إلى 300 مليون حيوان منوي! الحيوانات المنوية هي الخلايا الجنسية الذكرية، التي يُطلَق عليها كذلك «الخلايا التناسلية» أو «الجاميتات»، والتي تعمل على إخصاب بويضة الأنثى أثناء عملية التكاثر الجنسي.

الحيوانات المنوية

الحيوانات المنوية هي الخلايا التناسلية الذكرية، أو الجاميتات.

هناك العديد من الأسباب المُحتمَلة التي ترجع إليها حاجة الذكور إلى إنتاج العديد من الحيوانات المنوية. وتتمثَّل أهم التحديات الرئيسية التي تواجه الحيوان المنوي في البقاء على قيد الحياة في الجهاز التناسلي الأنثوي لفترة كافية حتى يقوم بإخصاب البويضة.

نبدأ بوصف تركيب الجهاز التناسلي الذكري قبل دراسة كيفية إنتاجه للحيوانات المنوية وتكيُّف هذه الخلايا المتخصصة الكثيرة جيدًا للتغلُّب على العديد من العوائق التي تواجهها أثناء رحلتها لإخصاب البويضة بنجاح.



يوضِّح هذا الشكل منظرًا جانبيًّا للتراكيب الرئيسية في الجهاز التناسلي الذكري

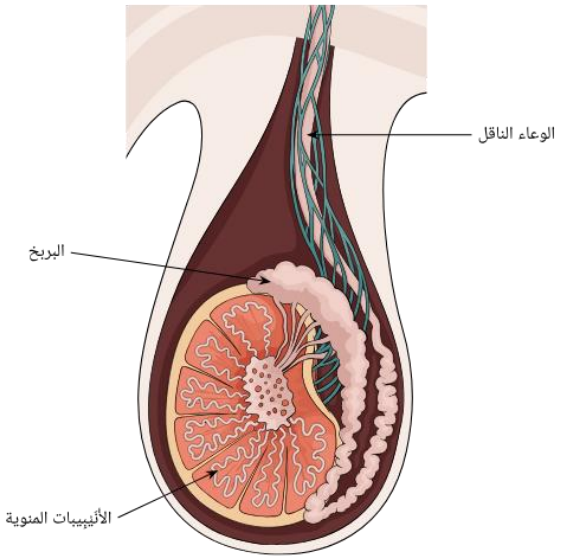
ترتبط المناسل الذكرية؛ أي الخصيتان، بواسطة البربخ بأنبوب يُطلَق عليه «الوعاء الناقل»، الذي تنتقل الحيوانات المنوية من خلاله إلى قناة مجرى البول. وتُضاف السوائل إلى الحيوانات المنوية من غُدة البروستاتا والحويصلات المنوية، وفَوْر وصولها إلى قناة مجرى البول، يُضاف سائل من غُدَّتَي كوبر. يخرج السائل المنوي من الجهاز التناسلي الذكري عبر القضيب، وذلك عن طريق قناة مجرى البول أثناء القذف.

عادةً ما يكون لدى الذكور خصيتان (مفردها: خصية) وهما عضواه التناسليان الأساسيان. يُطلَق على الخصيتين أيضًا «المناسل الذكرية». وتتخذ كل خصية شكلًا بيضويًّا أو شكل بيضة دجاج صغيرة، ويتراوح طولها من 3 إلى 5 cm،وعرضها من 3 إلى 4 cm عند أكثر مناطقها سُمكًا، ورغم ذلك تختلف هذه القياسات من شخص إلى آخر. ولعل من الطبيعي أن يختلف حجم كل خصية من الخصيتين في الشخص نفسه. وتميل الخصيتان إلى النمو منذ الولادة وحتى البلوغ. وتبدأ مستويات التستوستيرون في الانخفاض عندما يتجاوز الذكر مرحلة النضج الجنسي، يمكن أن تصبح الخصيتان أصغر حجمًا تدريجيًّا.

الخصيتان

الخصيتان هما المناسل الذكرية التي تُنتِج الحيوانات المنوية والهرمونات الجنسية الذكرية.

الخصيتان مسئولتان عن إنتاج الحيوانات المنوية. وتُعَد الحيوانات المنوية الناضجة خلايا أحادية الصيغة الصبغية؛ الأمر الذي يعني أنها تحتوي على نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية الجسمية العادية. تُنتَج الحيوانات المنوية من خلال عملية يُطلَق عليها «تكوين الحيوانات المنوية»، تحدُث في تراكيب داخل الخصيتين تُسمَّى «الأُنَيْبِيبات المنوية».



يوضِّح المقطع صورة لخصية الإنسان والبربخ المُتصل بها الذي يربط بين الخصية والوعاء الناقل. ويمكننا ملاحظة أن الجزء الأكبر من الخصية يتكوَّن من الأُنَيْبِيبات المنوية.

تتضمَّن عملية تكوين الحيوانات المنوية نوعًا من الانقسام الخلوي يُطلَق عليه «الانقسام الميوزي». فهو يُحوِّل الخلية الجرثومية الأمية الثنائية الصيغة الصبغية، التي تحتوي على مجموعة كاملة من 46 كروموسومًا إلى أربعة حيوانات منوية ناضجة أحادية الصيغة الصبغية، ويحتوي كل حيوان منوي منها على 23 كروموسومًا فقط؛ أي نصف عدد الكروموسومات في الخلية الجسمية العادية.

إن الحيوانات المنوية أحادية الصيغة الصبغية، ويرجع ذلك إلى أن الغرض منها هو إخصاب بويضة الأنثى، التي تكون أحادية الصيغة الصبغية كذلك، لتكوين زيجوت ثنائي الصيغة الصبغية ذي مجموعة كاملة من الكروموسومات، يتطوَّر في النهاية ليكون مُضغَة ثم جنينًا. ويُدعَم نمو الحيوانات المنوية وتغذيتها عن طريق السوائل المُفرَزة من الخلايا التي يُطلَق عليها «خلايا سرتولي» في الأُنَيْبِيبات المنوية.

الخصيتان عضوان في الجسم الذكري يُنتجان أكبر كميات من الهرمونات الجنسية الذكرية، التي يُطلَق عليها أحيانًا «الأندروجينات». المقطع الأول «أندرو» يعني «رجل»، لكن من المهم أن نعرف أن هذه الهرمونات تؤدي وظيفة هامة في كلٍّ من الذكور والإناث.

يُطلَق على الأندروجين الرئيسي «التستوستيرون». والأندروجينات مسئولة عن نمو الأجزاء المختلفة للجهاز التناسلي الذكري، ويشمل ذلك غدة البروستاتا والحويصلات المنوية. كما تتحكَّم الأندروجينات أيضًا في ظهور الصفات الجنسية الثانوية الذكرية عند البلوغ، مثل خشونة الصوت، ونمو شعر الوجه والجسم. وفي الخصيتين، يُفرَز التستوستيرون من خلايا بينية معيَّنة يُطلَق عليها «خلايا ليديج» تقع بين الأُنَيْبِيبات المنوية.

التستوستيرون

التستوستيرون هرمون جنسي، تُنتِجه الخصيتان بشكلٍ أساسي، وهو يُحفِّز نمو الأعضاء التناسلية وظهور الصفات الجنسية الثانوية عند الذكور.

توجد الخصيتان خارج الجسم في كيس من الجلد يُطلَق عليه «كيس الصَّفَن». يُحافظ الموقع الخارجي لكيس الصَّفَن في الإنسان على الخصيتين عند درجة حرارة أقل من درجة حرارة الجسم الداخلية من 2 إلى 3°C. وهذا الأمر مفيد؛ نظرًا لأن إنتاج الحيوانات المنوية يحدث بشكل أكثر كفاءةً في درجات الحرارة المنخفضة.

كيس الصَّفَن

كيس الصَّفَن عبارة عن كيس من الجلد يتدلَّى من الجسم بين الساقين أسفل القضيب مباشرةً. وينقسم كيس الصَّفَن إلى قسمين، يحتوي عادةً كل قسم منهما على خصية واحدة، ويساعد على حماية الخصيتين، والحفاظ على درجة حرارة منخفضة لإنتاج الحيوانات المنوية بكفاءة.

في الجنين البشري الذكر، إذا لم تهبط الخصيتان إلى كيس الصَّفَن أثناء نموهما في شهور الحمل الأخيرة، فمن المحتمل أن يكون هذا الشخص عقيمًا؛ إذ إنه لن يكون قادرًا على إنتاج الحيوانات المنوية بفعالية. وفي بعض الأحيان، يمكن أن يُعالَج هذا الأمر طبيًّا، ولكن في أحيان أخرى، تستحيل مثل هذه الإجراءات الطبية.

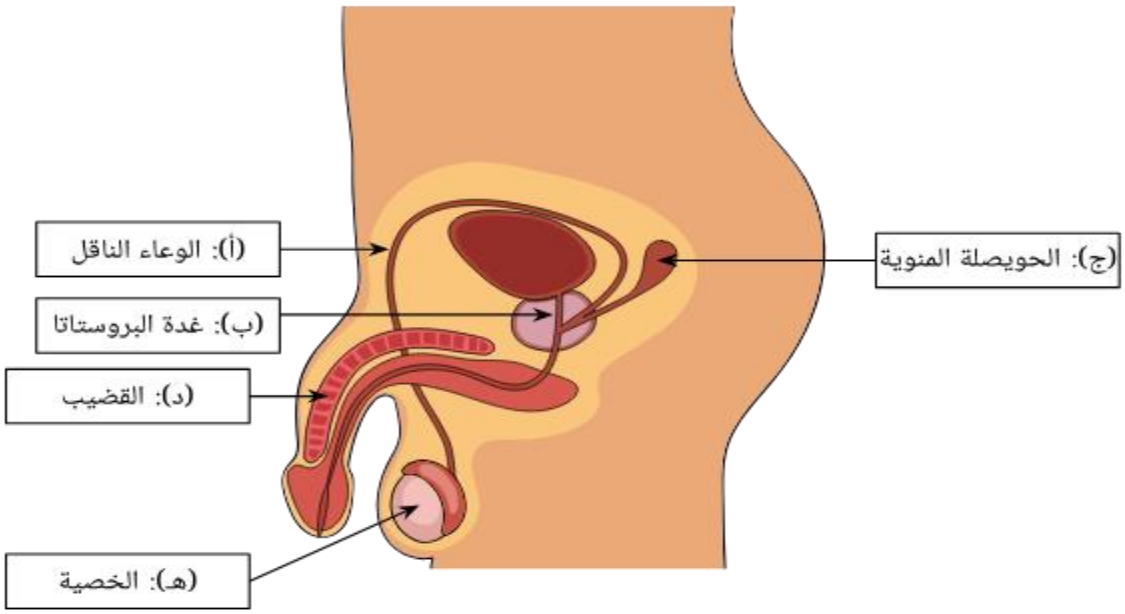
ومن المثير للاهتمام أنه في بعض الثدييات الأخرى، مثل الأفيال والدلافين والفقمات، لا توجد الخصيتان خارج أجسادها في كيس صَفَن. ولا يزال سبب تطوُّر هذه الصفة وكيفية حدوثها محل نقاش بين العلماء.

لجهاز التناسلي الذكري مسئول بشكلٍ أساسي عن التكاثر الجنسي. ولإجراء هذه العملية، تُنتَج الحيوانات المنوية في الخصيتين، وتُنقَل إلى القضيب لقذفها، الأمر الذي يحدث عادةً أثناء الاتصال الجنسي.

يمتلك ذكور الإنسان خصيتين تتدلَّيان خارج الجسم بين الساقين في كيس من الجلد يُسمَّى «كيس الصَّفَن.

الخصيتان مسئولتان كذلك عن إنتاج الهرمونات الجنسية الذكرية وإفرازها في مجرى الدم، والتستوستيرون أحد هذه الهرمونات. وتساعد الهرمونات الجنسية الذكرية على إنتاج الحيوانات المنوية، ونمو الأعضاء الجنسية الذكرية، وظهور الصفات الجنسية الثانوية عند الذكر حين يصل إلى عمر البلوغ. وقد تتضمَّن هذه الصفات خشونة الصوت وزيادة شعر الوجه والجسم.

الآن، وبعد أن عرفنا موقع إنتاج التستوستيرون وإفرازه؛ أي الخصيتين، هيا نُشِر إلى التراكيب على الشكل حتى يمكننا التَعرُّف على الحروف التي تُمثِّلها.



يُعَد القضيب عضوًا هامًّا للغاية في عملية التكاثر الجنسي، كما أنه مسئول كذلك عن إخراج البول من جسم الذكر. فالقضيب نسيج إسفنجي يزداد حجمه عنده الإثارة الجنسية بسبب زيادة تدفُّق الدم. ويُطلَق عليه «نسيج انتصابي»؛ إذ يمكنه التغيُّر من الارتخاء إلى الانتصاب.

القضيب

القضيب عضو انتصابي يحتوي على قناة مجرى البول، وهي قناة لخروج الحيوانات المنوية أثناء القذف، والبول أثناء التبول.

يحتوي القضيب على قناة يُطلَق عليها «قناة مجرى البول». وهي عبارة عن أنبوب ينشأ من قاعدة المثانة، ويمتد في الذكور عبر القضيب ليُشكِّل فتحة عند طرف القضيب. وتُوفِّر هذه الفتحة مسارًا لخروج كلٍّ من الحيوانات المنوية من الخصيتين، والبول من المثانة من جسم الذكر. تمتلك الإناث أيضًا قناة مجرى البول التي تُكوِّن فتحة في مقدِّمة المهبل، غير أنها في الإناث تُخرِج البول فقط من الجسم وليس الحيوانات المنوية.

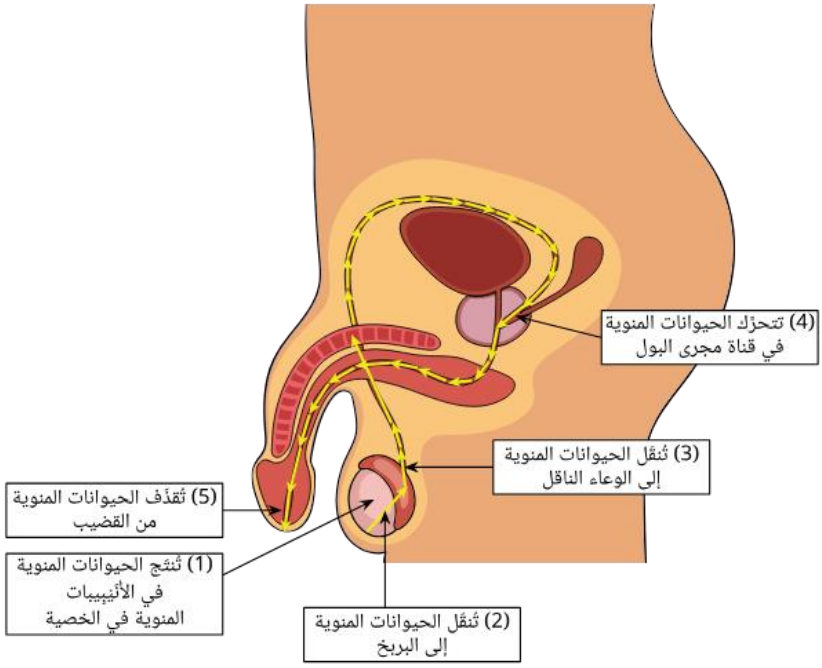
قناة مجرى البول

قناة مجرى البول عبارة عن قناة يَخرج من خلالها البول من جسم الأنثى، ويخرج من خلالها البول والسائل المنوي من جسم الذكر.

لكي يحدث إخصاب ناجح، يجب أن تنتقل الحيوانات المنوية من الخصيتين إلى القضيب؛ حيث يمكن قذفها. وغالبًا ما يحدث القذف أثناء عملية يُطلَق عليها «الاتصال الجنسي»؛ حيث يتم إدخال قضيب الذكر داخل مهبل الأنثى. وفي بعض الأحيان يُشار إلى الاتصال الجنسي بالتزاوج. ويُقذَف السائل المنوي، وهو سائل يحتوي على ما يتراوح من 40 مليونًا إلى 1.2 مليار حيوان منوي في الذكر السليم، خارج الجسم عبر القضيب من خلال قناة مجرى البول.

عندما يحدث التبويض عند الأنثى، تُطلَق بويضة من أحد المبيضين في قناة فالوب. إذا دخلت الحيوانات المنوية إلى مهبل الأنثى بنجاح، فستحاول السباحة عبر جهاز الأنثى التناسلي للوصول إلى قناتَي فالوب. وبمجرد وصولها إلى قناة فالوب، يمكن أن يحظى أحد الحيوانات المنوية بفرصة إخصاب البويضة.

لكن كيف تصل الحيوانات المنوية إلى القضيب؟ هيا نُلخِّص المسار الذي تسلكه الحيوانات المنوية من لحظة إنتاجها حتى مغادرتها للجسم.



تُنتَج الحيوانات المنوية في الأُنَيْبِيبات المنوية في الخصيتين. ومن هناك، تُنقَل إلى البربخ؛ حيث تُخزَّن حتى حدوث القذف. عند هذه المرحلة، تُنقَل الحيوانات المنوية من خلال الوعاء الناقل، مرورًا بغدة البروستاتا؛ حيث تُضاف السوائل إلى الحيوانات المنوية من غدة البروستاتا ومن الأُنَيْبِيبات المنوية لتكوين السائل المنوي. بعد ذلك تتحرَّك الحيوانات المنوية إلى قناة مجرى البول؛ حيث تُضيف غُدَّتا كوبر المزيد من السائل إلى السائل المنوي. تنقل قناة مجرى البول الحيوانات المنوية، داخل السائل المنوي، على طول القضيب، وتخرج من الجسم خلال عملية القذف.

بعد إنتاج الحيوانات المنوية من خلال الانقسام الميوزي في الأُنَيْبِيبات المنوية، تُنقَل إلى أنبوب طويل ومُلتف خارج كل خصية مباشرةً يُطلَق عليه «البربخ». ويكون البربخ مسئولًا عن تخزين الحيوانات المنوية.

البربخ

البربخ أنبوب طويل ومُلتف، يُخزِّن الحيوانات المنوية وينقلها من الخصيتين إلى الوعاء الناقل.

عند حدوث القذف، تُنقَل الحيوانات المنوية من البربخ إلى أحد الوعائين الناقلين. الوعاء الناقل عبارة عن قناة ذات جدران سميكة تنقل الحيوانات المنوية إلى قناة مجرى البول؛ حيث تخرج من جسم الذكر عبر القضيب.

الوعاء الناقل (القناة الناقلة)

الوعاء الناقل عبارة عن قناة في الجهاز التناسلي الذكري تنقل الحيوانات المنوية من البربخ إلى قناة مجرى البول.

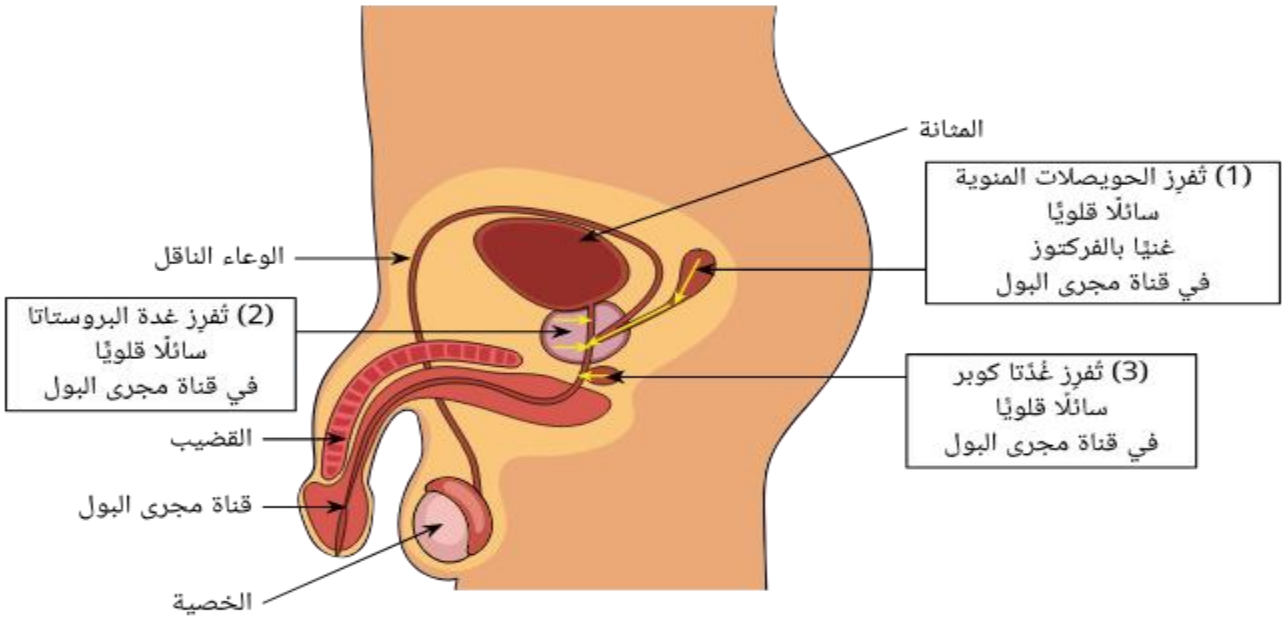
هناك ثلاثة إفرازات سائلة مختلفة تُضاف إلى الحيوانات المنوية لتكوين الحجم الكلي المقذوف من السائل المنوي. تُنتَج هذه الإفرازات الثلاثة من غدد مُلحقة يُطلَق عليها: «غدة البروستاتا، والحويصلات المنوية، وغُدَّتا كوبر». وهي تُسمَّى الغدد المُلحقة؛ لأن الحيوانات المنوية لا تنتقل عبرها مباشرةً.

تساعد هذه السوائل على حماية الحيوانات المنوية من البيئة داخل جهاز المناعة الأنثوي، كما تساعد الحيوانات المنوية على الحركة من خلال توفير وسط سائل تستطيع الحيوانات المنوية السباحة خلاله. وتُوصَف جميع السوائل بأنها إفرازات خارجية؛ لأنها تُطلَق من غدد خارجية الإفراز عبر قنوات، وتُفرَز على سطح الجسم.

تَكون قناة مجرى البول في كلٍّ من الذكور والإناث حمضية قليلًا بسبب البول المتبقي، الذي يحتوي على حمض البوليك. وتكون جميع هذه الإفرازات الخارجية قلوية حتى تُعادِل هذه البيئة الحمضية في قناة مجرى البول عند الذكور أثناء خروجها من الجسم.

والمهبل الأنثوي كذلك له بيئة حمضية إلى حدٍّ ما، ويتراوح رقمه الهيدروجيني ما بين 3.8 و4.5. وخلال التكاثر الجنسي في الإنسان، عادةً ما تحتاج الحيوانات المنوية إلى دخول المهبل أولًا لإخصاب البويضة. تساعد الطبيعة القلوية للسائل المنوي على معادلة البيئة الحمضية للمهبل؛ الأمر الذي يساعد على الحفاظ على المزيد من الحيوانات المنوية على قيد الحياة لمدة أطول في الجهاز التناسلي الأنثوي، ويزيد من فرص الإخصاب بنجاح.

هيا نُلقِ نظرة على هذه الإفرازات الخارجية كلٌّ على حدة بمزيد من التفصيل.



يُوضِّح هذا الشكل الإفرازات القلوية الثلاثة التي تُضاف إلى الحيوانات المنوية في قناة مجرى البول قبل القذف.

غدة البروستاتا

توجد غدة البروستاتا أسفل المثانة في الذكور، وتُفرِز سائل البروستاتا القلوي، وهو أحد مكوّنات السائل المنوي الذي يُضاف إلى الحيوانات المنوية القادمة من الوعاء الناقل.

الحويصلات المنوية عبارة عن غدتين صغيرتين يتراوح طولهما من 2 إلى 4cm ،ويتراوح عرضهما من 1 إلى 2cm ،وتقعان وراء المثانة. وتُفرز الحويصلات المنوية سائلًا قلويًّا غنيًّا بسكر «الفركتوز» في الحيوانات المنوية خلال مرورها عبر غدة البروستاتا؛ الأمر الذي يُضيف جزءًا سائلًا آخر إلى السائل المنوي. ويَمُد الفركتوز الحيوانات المنوية بمصدر السكريات للتنفُّس الخلوي. وهذا الأمر مهم؛ لأن الحيوانات المنوية خلايا نشطة بشكلٍ خاص بسبب حركتها الكثيرة؛ ولذلك فهي تحتاج إلى كمية هائلة من الطاقة لتُطلَق من خلال التنفس الخلوي.

يُسهِم السائل الذي تنتجه الحويصلات المنوية بالجزء الأكبر (من 50 إلى 80) %من حجم السائل المنوى الذي يُقذَف من جسم الذكر.

الحويصلات المنوية

الحويصلات المنوية عبارة عن غدتين موجودتين وراء المثانة، تُضيفان سائلًا قلويًّا غنيًّا بسكر الفركتوز إلى السائل المنوي عندما يكون في غدة البروستاتا، ما يُشكِّل من 50 إلى 80

% من إجمالي حجم السائل المنوي.

غُدَّتا كوبر، اللتان يُطلَق عليهما أحيانًا «الغدة البصلية الإحليلية»، عبارة عن غدتين صغيرتين بحجم حبة البازلاء موجودتين على جانبَي قناة مجرى البول أسفل غدة البروستاتا. تُفرِز غُدَّتا كوبر مُخاطًا سميكًا واضحًا قبل القذف إلى السائل المنوي عند دخوله إلى قناة مجرى البول من غدة البروستاتا. ويبدأ إفراز المُخاط من القضيب أثناء الإثارة الجنسية، وهو مفيد في تليين قناة مجرى البول ومُعادلتها استعدادًا لنقل الحيوانات المنوية خارج الجسم، وهو الأمر الذي يحدث أثناء القذف.

غُدَّتا كوبر (الغدة البصلية الإحليلية)

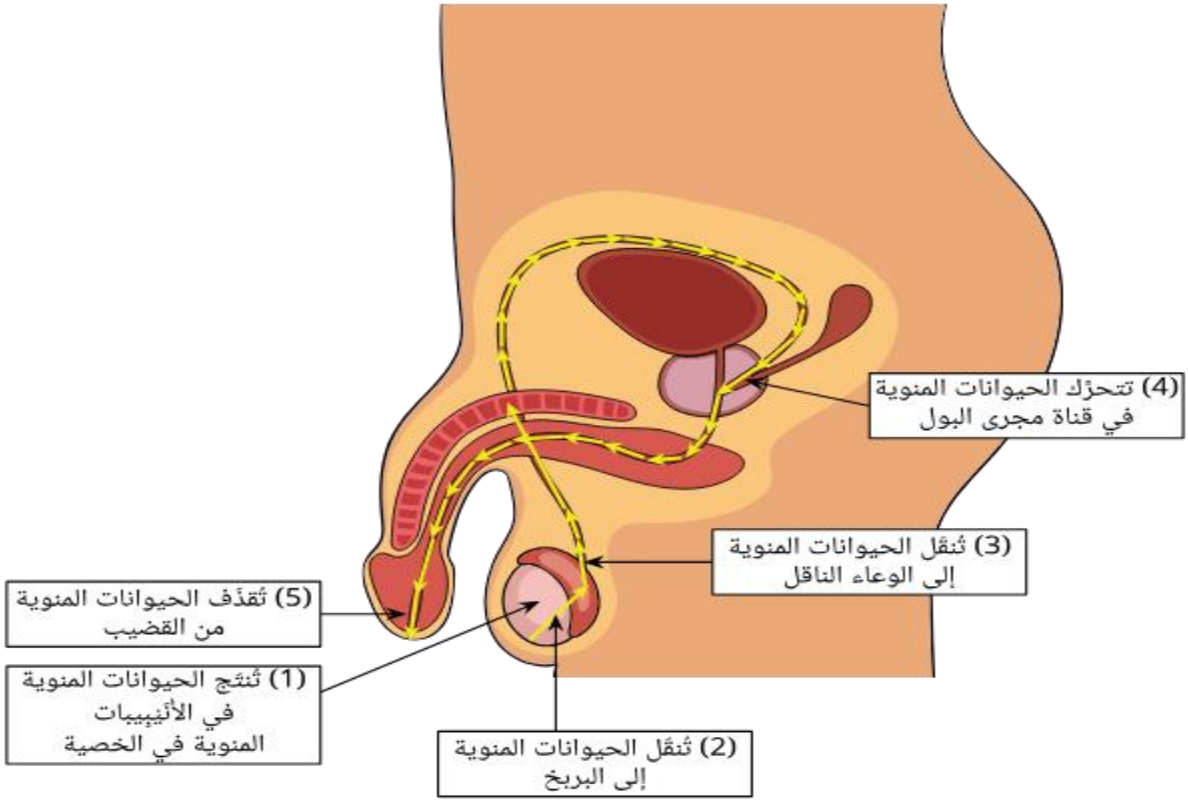
غُدَّتا كوبر عبارة عن غدتين صغيرتين موجودتين على جانبَي قناة مجرى البول الذكرية أسفل البروستاتا، تُفرِزان مُخاطًا قلويًّا في السائل المنوي لمُعادلة قناة مجرى البول والمهبل الحمضيين.

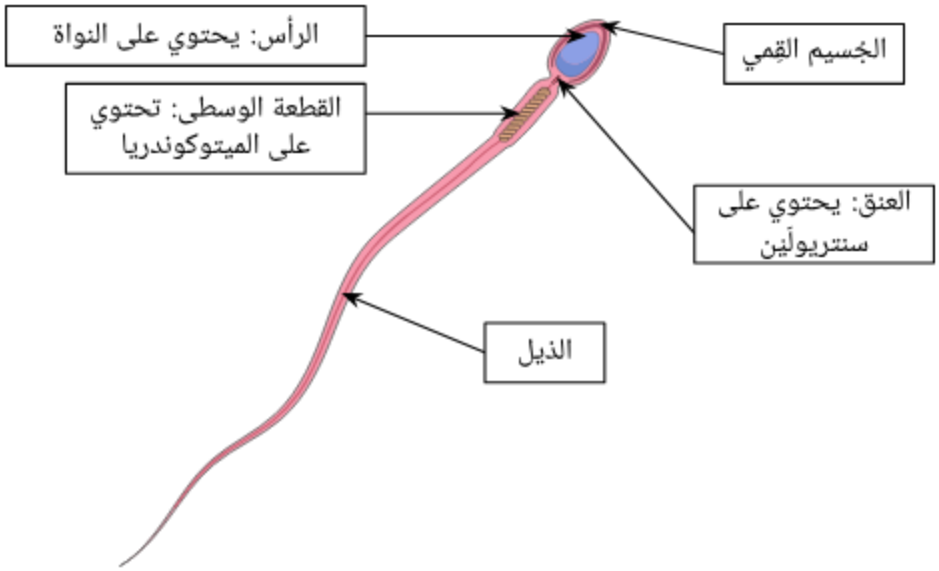
تُنتَج الحيوانات المنوية في الخصيتين داخل تراكيب يُطلَق عليها «الأُنَيْبِيبات المنوية». ومن هناك، يجب أن تسلك طريقها عبر الجهاز التناسلي الذكري لتصل إلى طرف القضيب؛ حيث تُطلَق من جسم الذكر عن طريق عملية يُطلَق عليها «القذف». عادةً ما تكون عملية القذف جزءًا أساسيًّا من عملية الاتصال الجنسي، التي غالبًا ما تكون عملية مُتضمَّنَة في التكاثر الجنسي.

من الأُنَيْبِيبات المنوية في الخصيتين، تُنقَل الحيوانات المنوية إلى البربخ حيث تُخزَّن. وعند تَوقُّع حدوث القذف، على سبيل المثال أثناء الإثارة الجنسية، تُنقَل الحيوانات المنوية من البربخ إلى قناة يُطلَق عليها «الوعاء الناقل». ويتصل الوعاء الناقل في النهاية بقناة أخرى يُطلَق عليها «قناة مجرى البول». ثم تَنقُل قناة مجرى البول الحيواناتِ المنوية على طول القضيب، الذي له فتحة عند نهايته؛ حيث يمكن للحيوانات المنوية الخروج من الجسم من خلالها.

ومن ثَمَّ، فإن المسار الذي تسلكه الحيوانات المنوية هو الخيار

الأُنَيْبِيبات المنوية ←البربخ ←الوعاء الناقل ←قناة مجرى البول





يتكوَّن التركيب الأساسي للحيوان المنوي الناضج من أربعة أجزاء رئيسية، وهي: رأس يتصل عن طريق العنق بالقطعة الوسطى والذيل.

ملحوظات

يُعَد الجهاز التناسلي الذكري مسئولًا عن أداء جزء من عملية التكاثر الجنسي.

تُنتِج الخصيتان الحيوانات المنوية والهرمونات الجنسية الذكرية، خاصةً التستوستيرون.

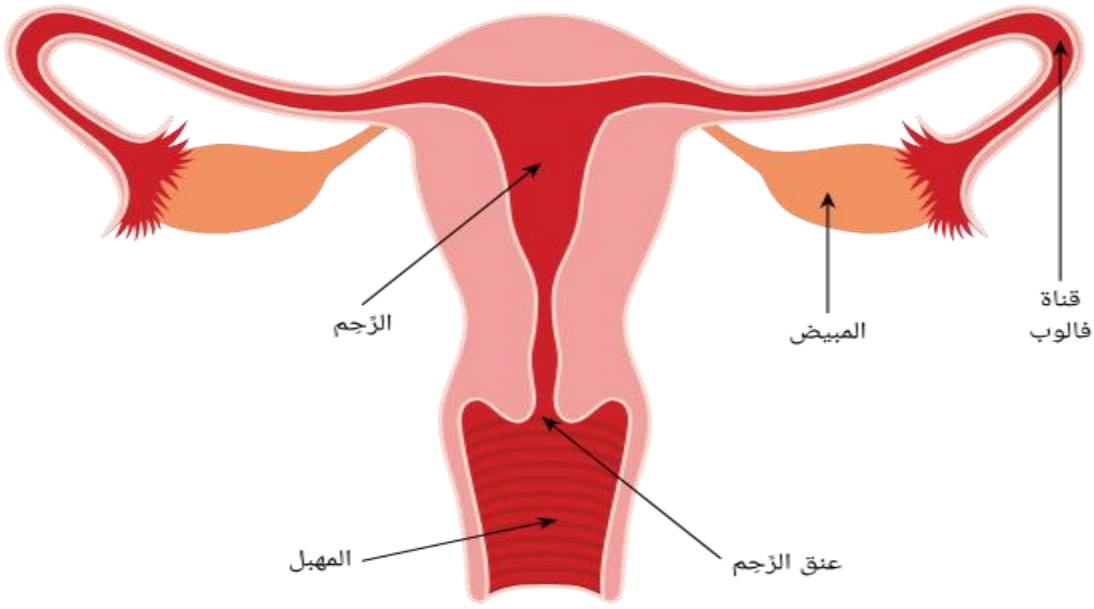
ينقل القضيب الحيوانات المنوية من جسم الذكر إلى جسم الأنثى عند الاتصال الجنسي.

تُنقَل الحيوانات المنوية من الأُنَيْبِيبات المنوية في الخصيتين ثم تتحرَّك على النحو الآتي:
الخصيتان ⟵البربخ ⟵الوعاء الناقل ⟵قناة مجرى البول. ثم تَنقُل قناة مجرى البول الحيواناتِ المنوية إلى طرف القضيب؛ حيث يُمكِن قذفها خارج الجسم.

تُضاف ثلاثة سوائل قلوية إلى الحيوانات المنوية خلال هذه الرحلة عَبْر الجهاز التناسلي الذكري من البروستاتا، والحويصلات المنوية، وغُدَّتا كوبر لتكوين السائل المنوي.

الجهاز التناسلي الانثوي

يحتوي الجهاز التناسلي الأنثوي على مبيضين، وهما عضوان صغيران بَيْضِيَّان في الشكل، في حجم حبَّة اللوز تقريبًا. يُعَدُّ المبيضان هما المسئولين عن إطلاق البويضات والهرمونات الجنسية.



الشكل 2: شكلٌ يوضِّح تركيب الجهاز التناسلي الأنثوي. وهو يتكوَّن من مبيضين، كلٌّ منهما متَّصِل بالرَّحِم من خلال قناة فالوب. يؤدِّي الرَّحِم إلى عضو يُشبِه القناة يُسمَّى المهبل من خلال نسيج يُسمَّى عنق الرَّحِم.

المبيضان

المبيضان (ومفردهما: مبيض) عضوان تناسليان أنثويان تُطلَق منهما البويضات والهرمونات.

يرتبط كلُّ مبيض بقناة تُسمَّى قناة فالوب أو قناة البويضات، لها فتحة على شكل قمع بالقرب من المبيض. عند إطلاق البويضات من المبيض، تستقبلها بروزات إصبعية الشكل عند طرف قناة فالوب المقابِلة لها، ثم تنتقل عبر قناة فالوب نحو الرَّحِم. وتُبطَّن قناة فالوب بخلايا طلائية مُهدَّبة مُزوَّدة بتراكيب على سطحها تُسمَّى الأهداب. تُساعِد هذه الأهداب في توجيه البويضة أو تحريكها في قناة

فالوب نحو الرَّحِم، كما هو موضَّح في الشكل 3. وتُطلِق بعض الخلايا الموجودة في غشاء قناة فالوب مخاطًا أيضًا للمُساعَدة في هذه الحركة. وعادةً ما تكون قناتا فالوب الموقع الذي يندمج فيه الحيوان المنوي مع البويضة إذا نجحت عملية الإخصاب.

قناتا فالوب (قناتا البويضات)

تربط قناتا فالوب كلَّ مبيض برَحِم الأنثى. بعد التبويض، تنتقل البويضة في قناة فالوب نحو الرَّحِم. إذا خَصَّب الحيوان المنوي البويضة، فسيَحدُث ذلك على الأرجح في قناة فالوب. تؤدِّي الخلايا الطلائية المُهدَّبة، دَوْرًا مُهِمًّا في تحريك المواد عبر المسارت والقنوات في جسم الإنسان. على سبيل المثال، ثمَّة خلايا طلائية مُهدَّبة في الجهاز التناسلي الأنثوي، مسئولة عن توجيه البويضة من المبيض في قناة فالوب نحو الرَّحِم.

تَنطلِق البويضة من المبيض، وهو ما يُشير إليه الرمز (ج) في الشكل، من خلال عملية تُسمَّى التبويض. بعد ذلك، تتحرَّك البويضة نحو الرَّحِم؛ حيث ينغرس الجنين إذا خَصَّب الحيوان المنوي البويضة. إذن الجنين مرحلة أوَّلية من نمو الإنسان تَعقُب انقسام هذه البويضة المخصَّبة. ومعظم هذه الحركة تُحدِثها الخلايا المُهدَّبة الموجودة في قناتَيْ فالوب. إذا خَصَّب الحيوان المنوي البويضة، فسيَحدُث ذلك على الأرجح في إحدى قناتَيْ فالوب.

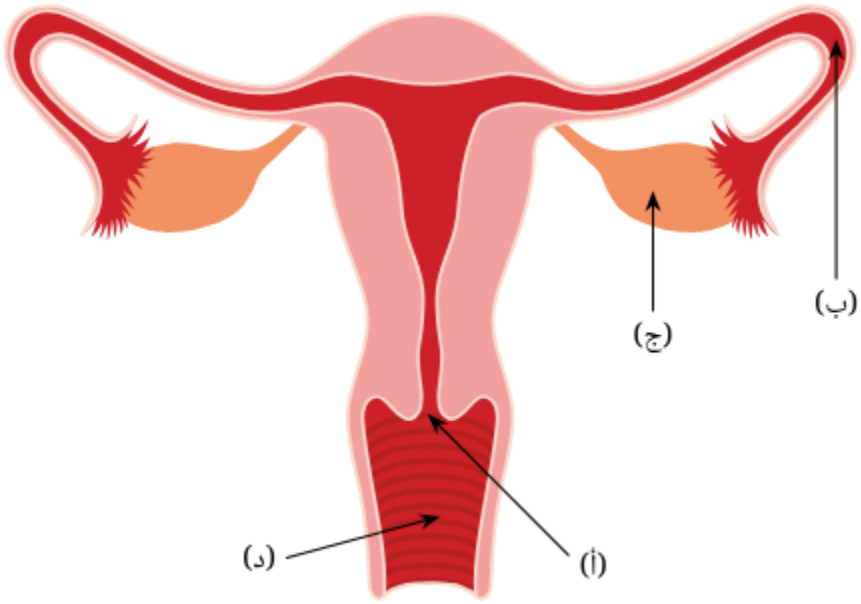
يُمثِّل الرمز (أ) في الشكل عنق الرَّحِم، وهو نسيج يُوجَد عند قاعدة الرَّحِم. ويمثِّل الرمز (د) المهبل، الذي يستقبل عادة الحيوانات المنوية بداخله خلال الاتصال الجنسي لكي تُخصِّب البويضة. وقناة فالوب يُشير إليها الرمز (ب).

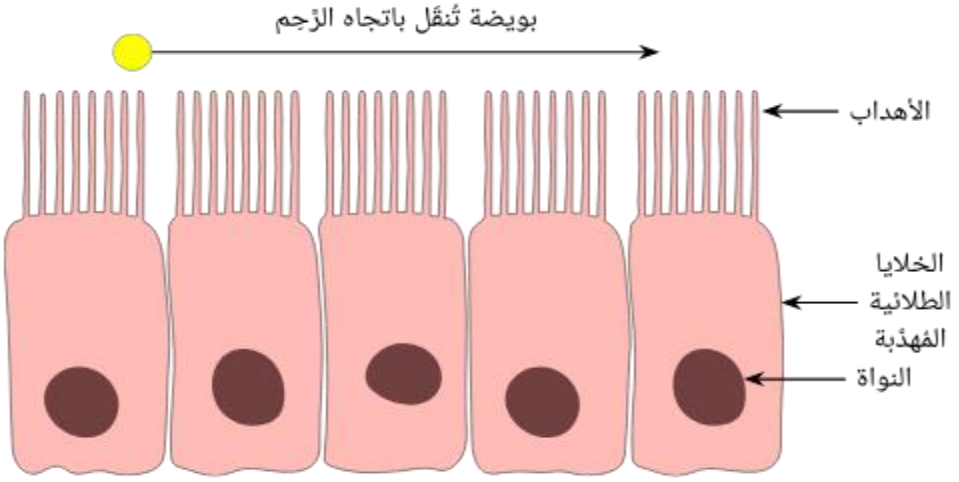
إذن الجزء الذي يَكثُر فيه وجود الخلايا الطلائية المُهدَّبة بالجهاز التناسلي الأنثوي هو الجزء (ب)؛ أيْ قناة فالوب.

يُعَدُّ الرَّحِم عضوًا مجوَّفًا في منطقة الحوض عند المرأة. للرَّحِم جدار عضلي غني بالأوعية الدموية وعضلات ملساء تَسمَح له بالانقباض.

الدَّوْر الرئيسي للرَّحِم هو توفير مكان لانغراس الجنين. عندما يُخصِّب الحيوان المنوي البويضة، تتكوَّن في البداية خلية تُسمَّى زيجوتًا. وبعد أن ينقسم هذا الزيجوت، يُسمَّى جنينًا. لا يوفِّر الرَّحِم مكانًا لانغراس هذا الجنين فحسب، لكنه يمثِّل أيضًا موطنًا ليتطوَّر فيه الجنين الذي ينمو خلال فترة الحمل التي تبلغ 9 شهور.ثمَّة أربطة داخل الجهاز التناسلي الأنثوي تؤدِّي دَوْرًا في تدعيم الرَّحِم والإبقاء عليه في مكانه خلال فترة الحمل.

عند قاعدة الرَّحِم، يُوجَد نسيج يُسمَّى عُنق الرَّحِم. هذا العنق يَصِل الرَّحِم بالتجويف المهبلي.





الشكل 3: شكلٌ يوضِّح كيفية عمل الأهداب الموجودة على الخلايا الطلائية المُهدَّبة التي تبطِّن قناتَي فالوب لتوجيه البويضة من المبيض نحو الرَّحِم.

الرَّحِم

الرَّحِم عضوٌ مجوَّف في منطقة الحوض عند المرأة وهو يُمثِّل موقعًا لنمو الجنين وتطوُّره.

المهبل قناةٌ يحتوي جدارها على عضلات ملساء يَصِل طوله إلى حوالي 7cm ،ويختلف هذا من امرأة لأخرى. يمتدُّ المهبل من عُنق الرَّحِم إلى الأعضاء التناسلية الخارجية، وهو التركيب الذي يكون عادة مسئولًا عن استقبال الحيوانات المنوية من قضيب الرجل أثناء الاتِّصال الجنسي.

والمهبل مُبطَّن بغشاء مخاطي، لكي يُحافِظ على ترطيبه بشكلٍ أساسي من خلال السائل المرطِّب الذي تُفرزه غُدَد عُنق الرَّحِم والغُدَد الموجودة في الجزء الخلفي من الفتحة المهبلية، التي تُفرز سوائل لترطيب المهبل. كما يتمدَّد المهبل أثناء المخاض، وهو ما يُطلَق عليه عادة عملية الولادة أو الوضْع. وللمهبل أوجُه تكيُّف أخرى مُفيدة، مثل أن الرقم الهيدروجيني الحمضي له يتراوح عادة ما بين 3.8 و4.5، وبيئته الداخلية تضم بكتيريا «نافعة»، لكي تَحميه من الكائنات الحية الدقيقة الخَطِرة.

المهبل

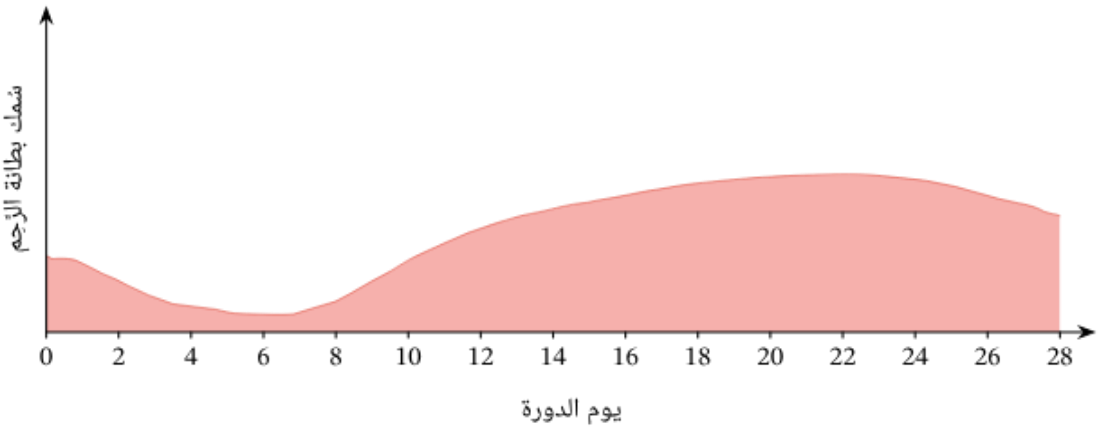
المهبل قناةٌ عضلية في الجهاز التناسلي الأنثوي تمتدُّ من الأعضاء التناسلية الخارجية إلى عُنق الرَّحِم.

بمجرد دخول الحيوانات المنوية إلى المهبل، ستحاول معظم الحيوانات المنوية التوجُّه إلى داخل الرَّحِم عبر عنق الرَّحِم. ومن ثَمَّ، يُمكن للحيوانات المنوية الوصول إلى إحدى قناتَيْ فالوب في محاولة لإخصاب البويضة.

عندما يبدأ سن البلوغ، يبدأ جسم المرأة بالاستعداد لإمكانية التكاثر من خلال تغيُّرات جسدية وعاطفية وعقلية. ويتحكَّم في التغيُّرات التي تَحدُث خلال سن البلوغ هرمونات، مثل الإستروجين والبروجسترون، تُفرَز بشكل أساسي من المبيضين.

أحد هذه التغيُّرات التي تتعرَّض لها المرأة عادة عند بدء سن البلوغ هو بداية دَوْرة الطمث. تَصِف دَوْرة الطمث التغيُّرات الشهرية المنتظِمة تقريبًا في إفراز الهرمونات التي تسبِّب حدوث التغيُّرات في الجهاز التناسلي الأنثوي.

تبدأ دَوْرة الطمث بالحيض، الذي يُعرَف أحيانًا بفترة الحيض. التي نلاحِظ استمرارها من يوم 0 إلى 6 تقريبًا في الشكل 4. وتكون بطانة الرَّحِم، التي تُعرَف أحيانًا بالغشاء المبطِّن للرَّحِم، غنية بالإمداد الدموي. أثناء فترة حيض الأنثى، تَخرُج بطانة الرَّحِم من المهبل مصحوبة بدم، ويبدأ ذلك أحيانًا بانقباضات مؤلِمة في العضلات الملساء الموجودة في جدار الرَّحِم. على الرغم من أن هذا التمثيل البياني يوضِّح أن مدَّة ذلك حوالي 6 أيام،فإن مدَّة فترة الحيض تتفاوت. يُمكن أن تتغيَّر دَوْرة الطمث، وتتفاوت بين النساء، لكن الدَّوْرة الكاملة تستمرُّ عادة حوالي 28 يومًا من بداية فترة الحيض إلى بداية الدورة التالية.



الشكل 4: شكلٌ يوضِّح كيف يتغيَّر سُمك بطانة الرَّحِم (الغشاء المبطِّن للرَّحِم) خلال دَوْرة الطمث النمطية ومدَّتها 28 يومًا.

الطمث

الطمث عمليةٌ تَحدُث في معظم الإناث تقريبًا مرَّة كلَّ شهر بداية من سن البلوغ حتى سن انقطاع الطمث، ما عدا أثناء فترة الحمل. خلال فترة الطمث، تتهدَّم بطانة الرَّحِم، ويَخرُج الدم ومواد أخرى من المهبل.

بعد فترة الطمث، يبدأ تكوين بطانة الرَّحِم مجدَّدًا، كما تلاحِظ من يوم 8 إلى 18 تقريبًا في الشكل 4. تتحكَّم أيضًا في هذه العملية الهرمونات الجنسية التي تُطلَق بشكل أساسي من المبيضين. عندما يكتمل تكوين بطانة الرَّحِم، تكون جاهزة لاستقبال البويضة المُخصَّبة في عملية تُسمَّى الانغراس. تظلُّ بطانة الرَّحِم سميكة حتى 28 يومًا تقريبًا قبل تكرار دَوْرة الطمث مرَّة أخرى.

لكي يُخصِّب الحيوان المنوي البويضة، يجب أن تُطلَق البويضة أولًا من المبيض في عملية تُسمَّى التبويض. وتتحكَّم في هذه العملية أيضًا الهرمونات الجنسية، وتَحدُث شهريًّا تقريبًا عندما تكون بطانة الرَّحِم سميكة. تُطلَق عادةً بويضةٌ واحدةٌ فقط في كلِّ دَوْرة طمث، ويتبادل المبيضان إطلاقها كلَّ شهر.إذا انغرست البويضة المخصَّبة في جدار الرَّحِم، فبعد مرور 9 شهور تقريبًا، تؤدِّي العضلات الملساء الموجودة في الرَّحِم دَوْرًا آخَر في الانقباضات التي تدفع الطفل خارج الرَّحِم في عملية الولادة.

التبويض

التبويض جزءٌ من دَوْرة الطمث، ويَحدُث عندما تُطلَق البويضة من أحد مبيضي المرأة.

تستمرُّ دَوْرة الطمث، كلَّ شهر تقريبًا، حتى حدوث الحمل أو الوصول إلى سن انقطاع الطمث. بعد حدوث الحمل، تبدأ عادة دَوْرة طمث جديدة مرَّة أخرى، لكن عند الوصول إلى سن انقطاع الطمث

يتوقَّف ذلك تمامًا. هذا يعني أن المرأة لم يَعُد بإمكانها الحيض أو التبويض. يتوقَّف التبويض عندما يصبح مبيضاها غير نَشِطين بسبب انخفاض في الإفرازات الهرمونية. يَتمتَّع معظم النساء بالخصوبة، والقُدْرة على الإنجاب بين البلوغ وسن انقطاع الطمث، وهو ما يَحدُث عند الاقتراب من منتصف العُمر الذي يبلغ 51 سنة.

سن انقطاع الطمث

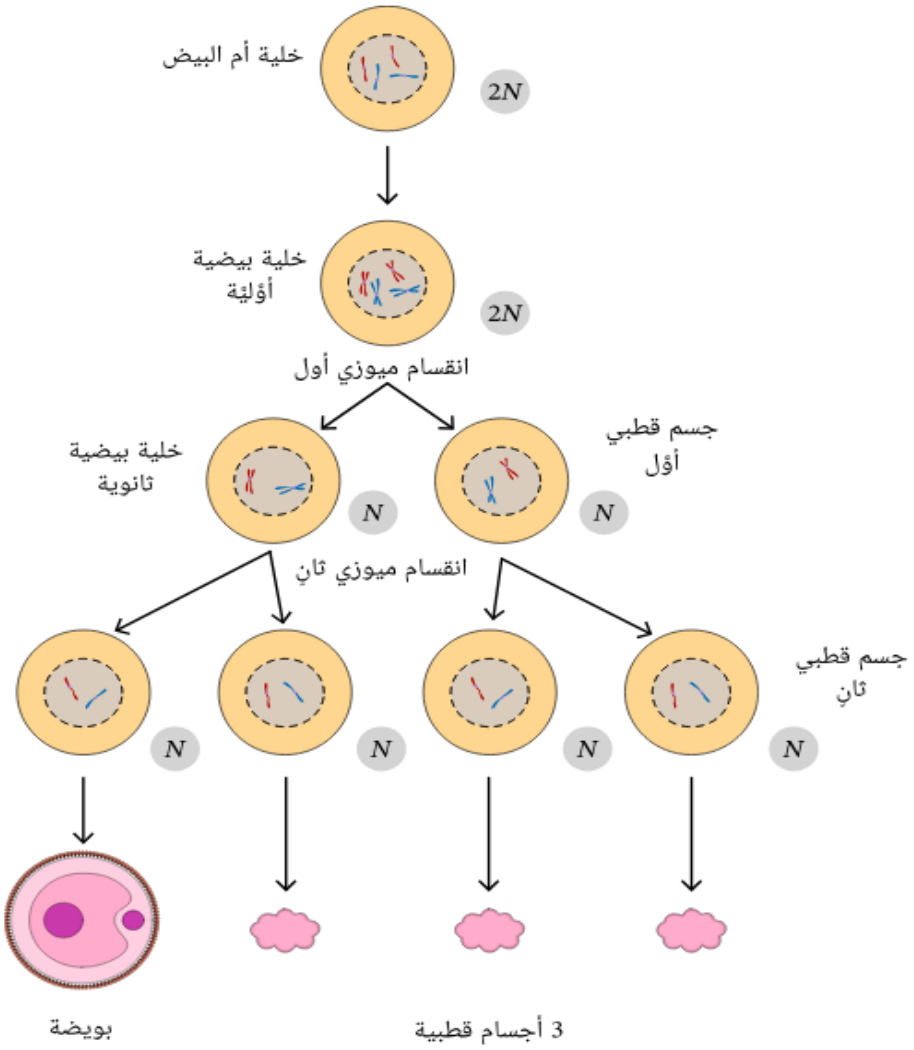
سن انقطاع الطمث فترةٌ في حياة المرأة يتوقَّف عندها الطمث.

كيفية نمو البويضات وإطلاقها من المبيض.

يتكوَّن المبيض الأنثوي من العديد من الأكياس الصغيرة المملوءة بالسوائل تُسمَّى الحويصلات، وتحتوي كلٌّ منها على بويضة غير مكتمِلة النضج. يُطلَق على عملية إنتاج بويضة ناضجة وتطوُّرها تكوين البويضة، وتبدأ حتى قبل ولادة المرأة وهي ما تزال جنينًا!

ثمَّة ثلاث مراحل رئيسية لتكوين البويضة: التضاعُف، والنمو، والنضج. يُمكنك الاطِّلاع على الخلايا خلال مراحل النمو المختلفة في الصورة المجهرية لمقطع عرضي في المبيض الموضَّحة فيما يأتي.

مرحله تكوين البويضه:



الشكل 7: شكلٌ يوضّح مراحل تكوين البويضة، التي تضمُّ انقسامات ميتوزية وميوزية لتكوين بويضة ناضجة.

أولًا: تَنقسم خلية أم البيض $(2N)$ميتوزيًّا لتتحوَّل إلى خلية بيضية أوَّليَّة .$(2N)$تخضع الخلية البيضية الأوَّليَّة لانقسام ميوزي أول لتكوين خلية بيضية ثانوية (N)والجسم القطبي الأول .(N)ثم يخضع كلٌّ من هذه الخلايا الثنائية الصيغة الصبغية إلى انقسام ميوزي ثانٍ، يكتمل فور إخصاب حيوان منوي للخلية البيضية الثانوية بنجاح، لتكوين 3 أجسام قطبية ثانوية وبويضة واحدة ناضجة.

وتُوجَد الخلية البيضية الثانوية داخل حويصلة تُسمَّى حويصلة جراف. عند حدوث التبويض وإنتاج الخلية البيضية الثانوية، تنفجر حويصلة جراف، وتُطلَق الخلية البيضية الثانوية داخل قناة فالوب.

بمجرد خروج الخلية البيضية الثانوية من المبيض، تتحوَّل حويصلة جراف إلى تركيب يُسمَّى الجسم الأصفر. إذا خُصِّبت الخلية البيضية الثانوية، فسيقوم الجسم الأصفر بإطلاق الهرمونات التي تتحكَّم في مراحل الحمل المبكِّرة. إذا لم تُخصَّب الخلية البيضية الثانوية، يبدأ الجسم الأصفر في الضمور وهو ما يتسبَّب في تقليل إفراز الهرمونات وتحفيز بدء الطمث.

تعريفات

مرحلة التضاعُف

مرحلة التضاعُف هي المرحلة الأولى من تكوين الجاميتات؛ حيث تتحوَّل خلالها الخلايا الجرثومية (الأمِّية) $(2N)$إلى أمَّهات المني $(2N)$في عملية تكوين الحيوان المنوي، أو إلى أمَّهات البيض $(2N)$خلال عملية تكوين البويضة.

الخلية البيضية الأوَّليَّة

الخلية البيضية الأوَّليَّة خليةٌ ثنائية الصيغة الصبغية تكوَّنت خلال تكوين البويضة من خلال نمو خلية أم البيض.

مرحلة النمو

مرحلة النمو هي المرحلة الثانية من تكوين الجاميتات التي تَنقسم خلالها أمَّهات المني أو أمَّهات البيض وتتمايَز إلى خلايا منوية أوَّليَّة وخلايا بيضية أوَّليَّة على الترتيب.

مرحلة النضج

مرحلة النضج هي المرحلة الثالثة من تكوين الجاميتات. في عملية تكوين الحيوانات المنوية، يخضع أحد الحيوانات المنوية الأوَّلية إلى انقسام ميوزي أوَّل وثانٍ، لإنتاج خليتين منويتين ثانويتين ثم أربع طلائع منوية. في عملية تكوين البويضة، تخضع الخلايا البيضية الأوَّليَّة لانقسام ميوزي أوَّل لتصبح خلايا بيضية ثانوية، ويتوقَّف الانقسام الميوزي الثاني في الطَّوْر الاستوائي، ولا يكتمل ذلك إلَّا عندما ينجح حيوان منوي في إخصاب البويضة.

الخلية البيضية الثانوية

الخلية البيضية الثانوية خليةٌ أحادية الصيغة الصبغية تتكوَّن من خلية بيضية أوَّليَّة تَخضَع لانقسام ميوزي أوَّل في المرحلة النهائية من تكوين البويضة.

الجسم القطبي

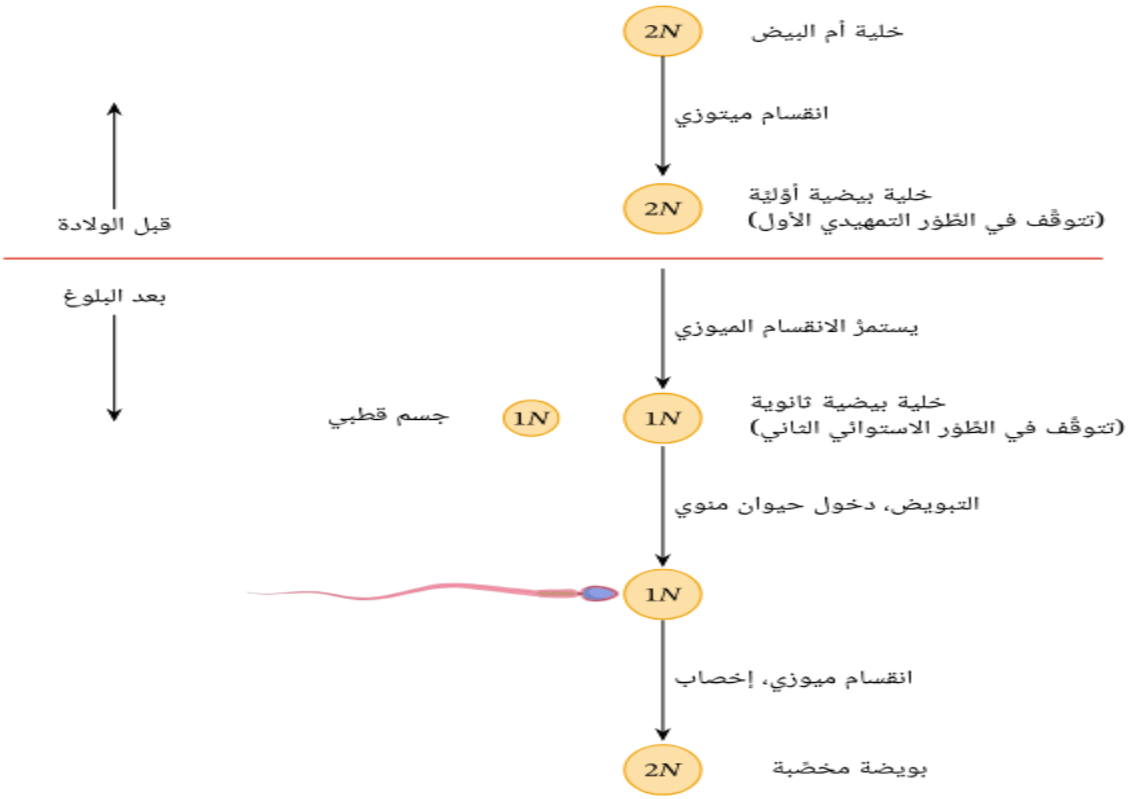
الجسم القطبي خلية صغيرة غير وظيفية تَنتُج خلال كلِّ مرحلة من الانقسام الميوزي خلال تكوين البويضة، ولا تتحوَّل إلى بويضة ناضجة.

حويصلة جراف

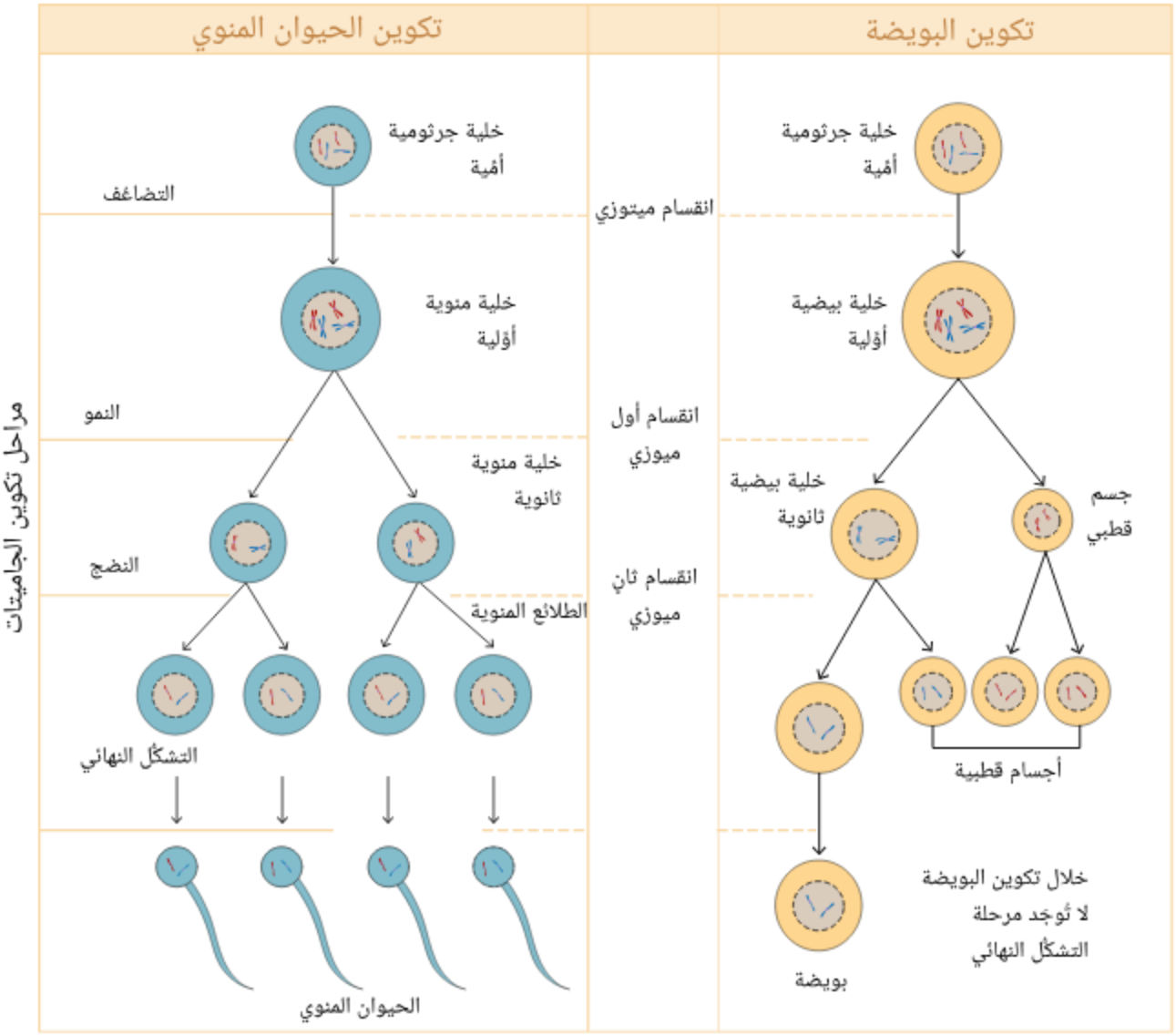
حويصلة جراف تركيبٌ مملوءٌ بسائل في المبيض، تنمو داخله بويضة غير مكتملة النضج قبل التبويض.

الجسم الأصفر

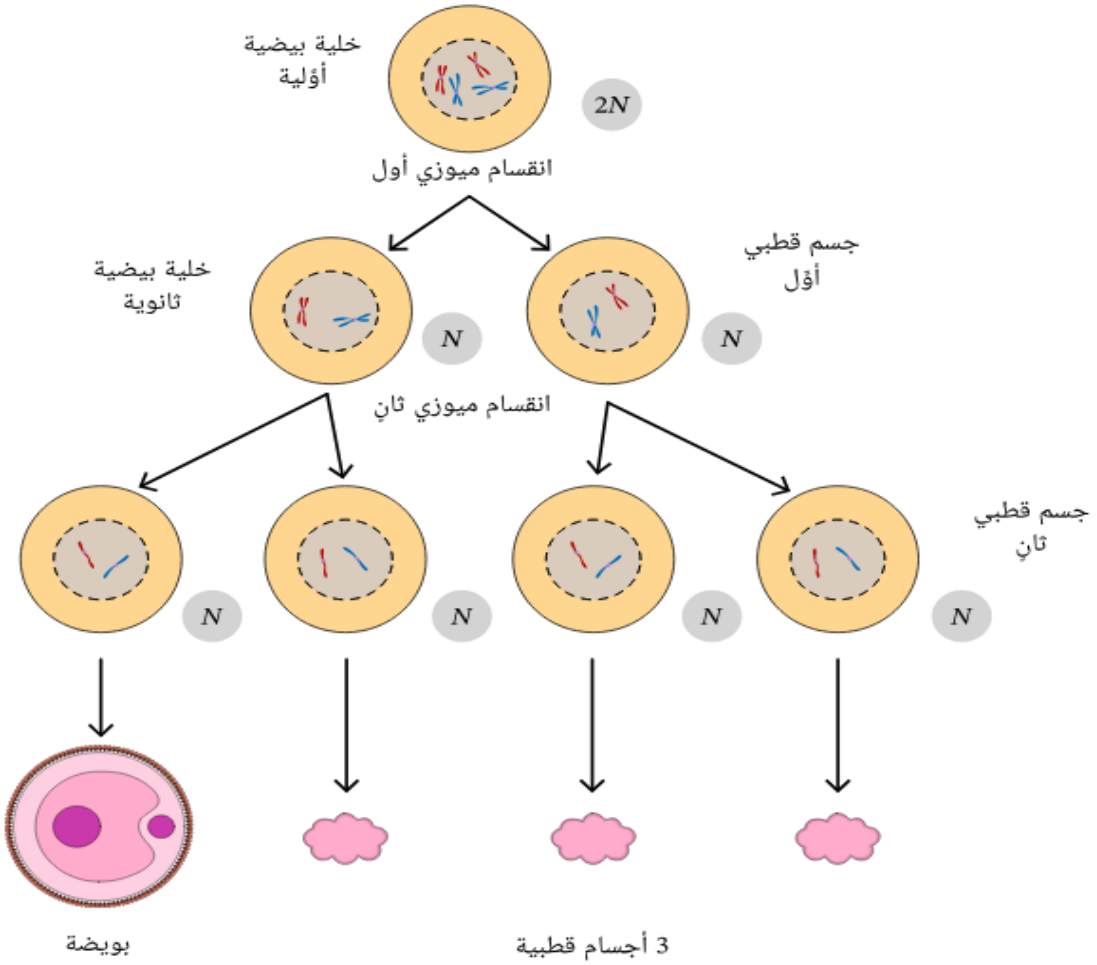
الجسم الأصفر تركيبٌ مُفرِز للهرمونات، ينمو في أحد المبيضين بعد تحرُّر البويضة في عملية التبويض، لكنه يتحلَّل بعد بضعة أيام ما لم يبدأ الحمل.



الشكل 8: شكلٌ يوضّح العمليات التي يجب أن تمرّ بها خلية أم البيض الثنائية الصيغة الصبغية لتتحوّل إلى بويضة مخصّبة.



الشكل 10: شكلٌ يوضِّح عمليتَي تكوين الحيوان المنوي (إنتاج الحيوانات المنوية)، وتكوين البويضة (إنتاج البويضات). كلتا العمليتين تتضمَّن مراحل التضاعُف والنمو والنضج.



ملاحظات

التراكيب الأساسية في الجهاز التناسلي الأنثوي هي المبيضان، وقناتا فالوب، والرَّحِم، وعنق الرَّحِم، والمهبل.

يُطلِق المبيضان الهرمونات والبويضات خلال عملية التبويض.

تَنتقل البويضات إلى قناة فالوب، وتُساعِدها الخلايا الطلائية المُهدَّبة الموجودة في بطانتها، نحو الرَّحِم حيث يُمكن أن تتحوَّل بويضة يخصِّبها حيوان منوي لتصبح جنينًا.

تكوين البويضة عمليةٌ تتحوَّل خلالها الخلية الجرثومية الأمِّية إلى بويضة واحدة ناضجة وثلاثة أجسام قطبية صغيرة تتحلَّل عادة.

تتضمَّن المراحل الثلاث لتكوين البويضة انقسامات ميتوزية وميوزية. وهي مراحل التضاعُف، والنمو، والنضج، التي يُمكن تصنيفها إلى ما قبل الولادة وما بعدها.

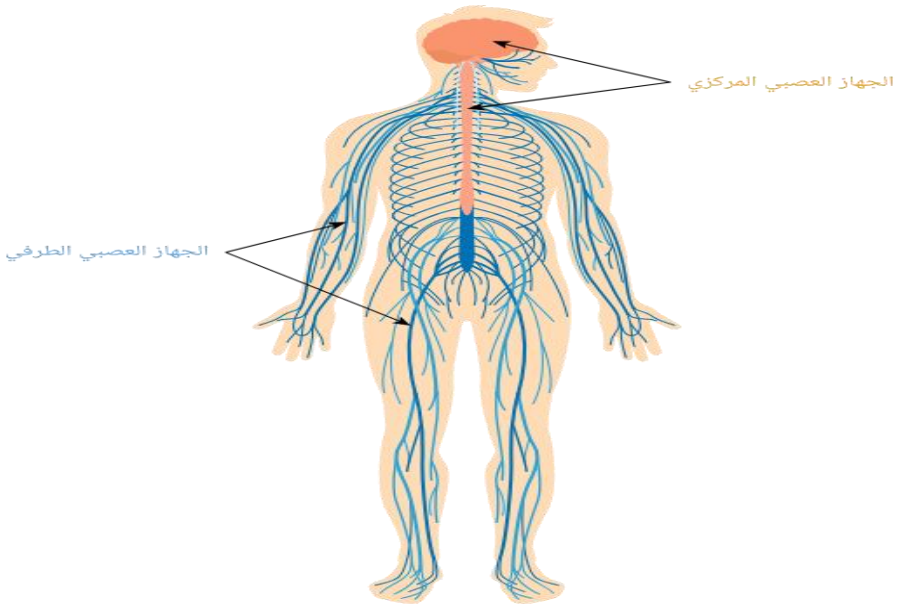
بعد مرحلة النضج، يكتمل الانقسام الميوزي الثاني عندما يخصِّب الحيوان المنوي البويضة.

الجهاز العصبي

تتمثَّل أحد الأركان الأساسية من كوننا بشرًا في قدرتنا على الشعور بالعالم من حولنا، والتفكير فيه، والإحساس به، والاستجابة له. والجهاز الذي يجعل هذا الأمر ممكنًا في جسم الإنسان هو الجهاز العصبي. بدءًا من الأفعال الانعكاسية البسيطة إلى السلوكيات الأكثر تعقيدًا، مثل البحث عن الطعام والتودُّد إلى شركاء التزاوج، يُمثِّل الجهاز العصبي شبكة التوصيلات الكهربية التي تسري في جميع أنحاء جسم الإنسان، والتي تُمكِّننا من القيام بجميع هذه السلوكيات.

بشكل عام، يؤدِّي الجهاز العصبي ثلاث وظائف رئيسية: جمع المدخلات الحسية، ومعالجة المعلومات، والاستجابة عن طريق المخرجات الحركية. يتلقَّى الجهاز العصبي معلومات عن الحالات داخل الجسم وخارجه. بعد ذلك يعالج هذه المعلومات ويدمجها على مجموعة متنوعة من المستويات، ويُوجِّه الجسم لكي يستجيب على نحو مناسب.

يتميَّز الجهاز العصبي بتركيب منظم للغاية بهدف جمع المعلومات ومعالجتها والاستجابة لها. ينقسم الجهاز العصبي إلى قسمين أساسيين: الجهاز العصبي المركزي، والجهاز العصبي الطرفي. ويُساعد هذان القسمان الأساسيان، في ضمان أداء الوظائف الرئيسية الثلاث للجهاز العصبي بكفاءة.



رسم يوضِّح القسمين الأساسيين للجهاز العصبي في الإنسان الجهاز العصبي المركزي الموضَّح باللون البرتقالي، والجهاز العصبي الطرفي الموضَّح باللون الأزرق.

كما تُلاحِظ في الشكل، يتكوَّن الجهاز العصبي المركزي من الدماغ والحبل الشوكي. وفي المقابل، يتضمَّن الجهاز العصبي الطرفي جميع الأعصاب الموجودة خارج الجهاز العصبي المركزي، التي تمتد من الحبل الشوكي إلى الأطراف الخارجية والأعضاء الأخرى. وهذا يتضمَّن الأعصاب القحفية، التي تمتد من الدماغ إلى عضلات الوجه وأعضاء الحس (مثل العينين وبصيلات الشم واللسان والأذنين).

الجهاز العصبي المركزي:

يتكوَّن الجهاز العصبي المركزي من الدماغ والحبل الشوكي.

الجهاز العصبي الطرفي

يتكوَّن الجهاز العصبي الطرفي من الأعصاب الموجودة خارج الجهاز العصبي المركزي، التي تمتد إلى الأطراف الخارجية والأعضاء الأخرى.

يُساعد هذان القسمان الأساسيان في ضمان أداء وظائف الجهاز العصبي الرئيسية الثلاث بكفاءة. ويتضمَّن الجهاز العصبي الطرفي، جميع الأعصاب الموجودة خارج الجهاز العصبي المركزي، التي تمتد من الحبل الشوكي إلى الأطراف الخارجية والأعضاء الأخرى.

ومن ثَمَّ، فإن جزء الجهاز العصبي الذي يتكوَّن من الأعصاب الممتدة من الدماغ والحبل الشوكي إلى الأطراف الخارجية والأعضاء الأخرى هو الجهاز العصبي الطرفي.

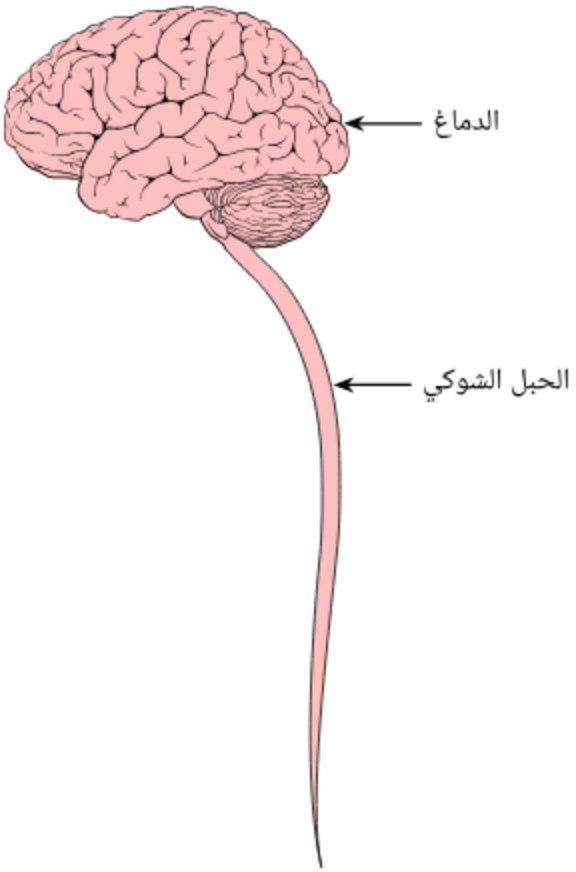
وظيفه الجهاز العصبي

شكلٍ عام، يؤدي الجهاز العصبي ثلاث وظائف رئيسية: جمع المدخلات الحسية، ومعالجة المعلومات، والاستجابة عن طريق المخرجات الحركية. يتميَّز الجهاز العصبي بتركيب منظم للغاية بهدف جمع المعلومات ومعالجتها والاستجابة لها. ينقسم الجهاز العصبي إلى قسمين أساسيين: الجهاز العصبي المركزي، والجهاز العصبي الطرفي.

يُشار أحيانًا إلى الجهاز العصبي المركزي بأنه وحدة المعالجة المركزية للجسم. هذا لأنه مسئول عن دمج المعلومات الحسية وتوفير الاستجابة المناسبة.

وظائف وتنظيم الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي.

يُشار أحيانًا إلى الجهاز العصبي المركزي بأنه وحدة المعالجة المركزية للجسم. هذا لأنه مسئول عن دمج المعلومات الحسية وتوفير الاستجابة المناسبة. ويتألَّف الجهاز العصبي المركزي من مُكوّنين أساسيين.



مخطط يوضِّح مُكوِّنَي الجهاز العصبي المركزي: الدماغ والحبل الشوكي.

يختص الدماغ بمعالجة المعلومات الحسية، وتفسيرها، وتنسيق وظائف الجسم؛ سواء بصورة واعية أو غير واعية. كما تُنسَب الوظائف المُعقَّدة، مثل التفكير والشعور بالعاطفة، وكذلك الحفاظ على اتزان البيئة الداخلية للجسم (الاتزان الداخلي)، إلى أجزاء مختلفة من الدماغ. وبعد مُعالجة المعلومات في الدماغ، يحدِّد الدماغ الاستجابة المناسبة.

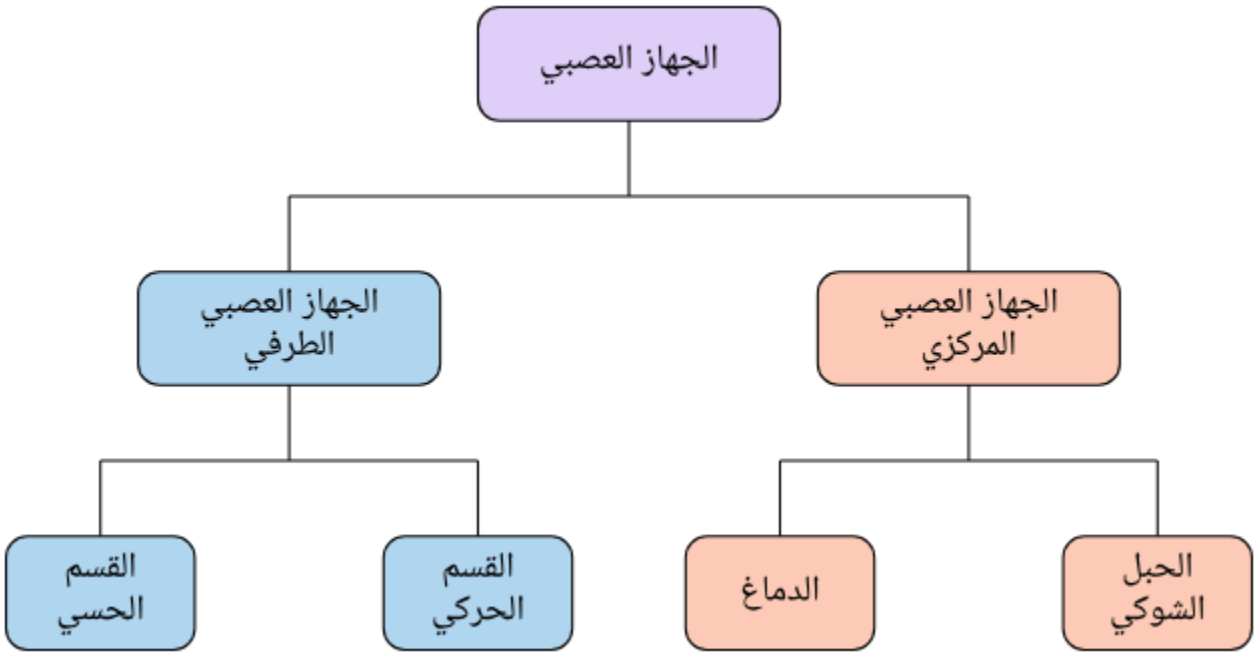
الاتزان الداخلي

الاتزان الداخلي هو الحفاظ على بيئة داخلية طبيعية ومستقرة داخل جسم الكائن الحي.

بعد ذلك، يُوجِّه الدماغ وظائف الجسم ويتحكَّم فيها استجابةً للمعلومات التي جرى تفسيرها، عن طريق إرسال إشارات عبر أعصاب الحبل الشوكي. يمثِّل الحبل الشوكي طريقًا سريعًا لسريان المعلومات. فالحبل الشوكي مسئول عن نقل الرسائل من الجسم إلى الدماغ، ونقل الإشارات من الدماغ إلى الجسم.

علىالرغم من أن الدماغ والحبل الشوكي مسئولان عن معالجة ونقل المعلومات عبر الجهاز العصبي المركزي، فإن الجهاز العصبي المركزي لا يجمع المعلومات عن المحيط الخارجي ولا ينفِّذ الأوامر الصادرة من الدماغ. وبدلًا من ذلك، يختص الجهاز العصبي الطرفي بأداء هذه الوظائف. نُلقي نظرة عن قرب على الجهاز العصبي الطرفي.

يتضمَّن الجهاز العصبي الطرفي جميع تراكيب الجهاز العصبي الموجودة خارج الجهاز العصبي المركزي. تتمثَّل الوظيفة الأساسية للجهاز العصبي الطرفي في نقل المعلومات في اتجاه الجهاز العصبي المركزي أو بعيدًا عنه. هذا لأن المعلومات تنتقل داخل الخلايا العصبية في اتجاه واحد فقط. ومن ثَمَّ، توجد مجموعة من الخلايا العصبية التي تحمل المعلومات في اتجاه الجهاز العصبي المركزي، ومجموعة أخرى من الأعصاب التي تحمل المعلومات بعيدًا عن الجهاز العصبي المركزي. يمكننا ملاحظة سريان المعلومات خلال الجهاز العصبي الطرفي في القسمين الفرعيين: الحسِّي والحركي



شكل يوضِّح الأقسام الفرعية للجهازين العصبيين المركزي والطرفي.

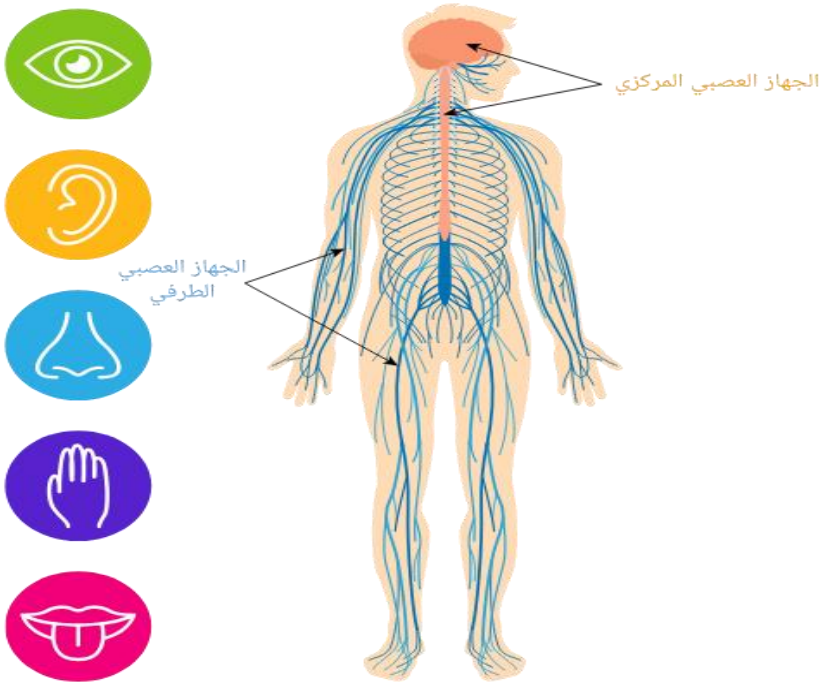
المعلومات التي تنتقل من الأطراف إلى الجهاز العصبي المركزي هي المعلومات الحسية، ويُنظِّمها القسم الحسي من الجهاز العصبي الطرفي. في القسم الحسِّي، تجمع الأعصاب الحسية المعلومات المتعلقة بالمُثيرات المادية في البيئة المحيطة، أو التغيُّرات في الأعضاء الداخلية، وتُرسل هذه المعلومات إلى الجهاز العصبي المركزي لمتابعة حالة الجسم والمحيط الخارجي.

تؤدِّي الأعصاب الحسية وظيفة جمع المعلومات من داخل الجسم ومن البيئة الخارجية. في بعض الأحيان، تُوصَف هذه الأعصاب أيضًا بأنها «وارِدة». ويُشير هذا إلى سريان المعلومات الحسية إلى داخل الجهاز العصبي المركزي؛ حيث إن كلمة «وارد» تعني «قادِم.«

القسم الحسِّي (الوارِد)

يؤدي القسم الحسي من الجهاز العصبي الطرفي وظيفة نقل المعلومات الحسية من الأعصاب الحسية إلى الجهاز العصبي المركزي.

تُجمع المعلومات الحسية عن طريق المستقبلات الحسية الموجودة في الأعصاب الحسية، التي تنقل هذه المعلومات إلى الجهاز العصبي الطرفي. تنشط الأعصاب الحسية بفعل مُدخلات فيزيائية أو كيميائية من البيئة، مثل الأضواء أو الأصوات أو جزيئات الطعام. وتُقابل هذه المدخلات الحواس الخمس الرئيسية، وهي اللمس والشم والتذوق والسمع، والبصر (الموضَّحة في الشكل 4). بالإضافة إلى ذلك، تجمع الأعصاب الحسية معلومات عن الألم، وموضع الجسم (الذي يُشار إليه أحيانًا بالإدراك الحسي العميق)، والمعلومات الحسية من أعضاء الجسم الداخلية.



مخطط يُلخِّص الحواس الخمس (اللمس والشم والتذوق والسمع والبصر)، التي تُنشِّط مُدخلات الأعصاب الحسية، وتنقل هذه المعلوماتإلى الجهاز العصبي المركزي بواسطة أعصاب حسية (واردة).

»الخلايا العصبية» و«الأعصاب». توجد الخلايا العصبية في كلٍّ من الجهازين العصبيين المركزي والطرفي. لكن في الجهاز العصبي الطرفي؛ حيث توجد معظم الألياف العصبية الطويلة، يُشير مصطلح العصب (أو الألياف العصبية) إلى مجموعة أو حزمة من الخلايا العصبية. وعندما نتحدث عن

الجهازين العصبيين، ستلاحظ أن مصطلح «خلية عصبية» يُستخدم عند الإشارة إلى الجهاز العصبي المركزي، أما مصطلح «أعصاب» فيُستخدَم أثناء الحديث عن الجهاز العصبي الطرفي.

بعد جمع المعلومات أو المُدخلات الحسية، تنتقل عن طريق القسم الحسي من الجهاز العصبي الطرفي إلى الجهاز العصبي المركزي لدمجها ومعالجتها في الدماغ. وبصفته مركز القيادة والتوجيه، يُحدِّد الدماغ استجابة مُنسقة للمعلومات الحسية المُجمعة، وعادةً ما تُنفَّذ في صورة مُخرجات حركية.

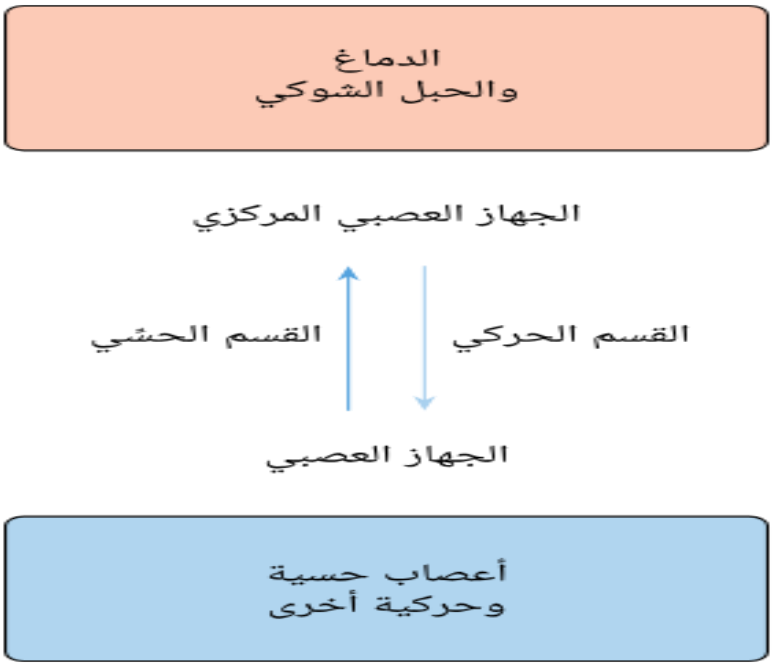
المُدخلات الحسية

المُدخلات الحسية هي المعلومات المُجمعة من المستقبلات الحسية الموجودة في الأعصاب الحسية، والتي تنتقل بعد ذلك إلى الجهاز العصبي المركزي.

المُخرجات الحركية

المُخرجات الحركية هي الأوامر الصادرة من الجهاز العصبي المركزي استجابةً للمعلومات الحسية، وعادةً ما تُنفَّذ في صورة حركة.

على الرغم من أن الدماغ يُحدِّد الاستجابة المُنسقة، فإن القسم الحركي من الجهاز العصبي الطرفي هو الذي ينقل الإشارة من الدماغ إلى العضلات أو الغدد أو الأعضاء، لتنفيذ الأمر.



مخطط يوضِّح سريان المعلومات بين الأعصاب الواردة والصادرة. الأعصاب الواردة تحمل المعلومات إلى الجهاز العصبي المركزي وتحمل الأعصاب الصادرة الإشارات بعيدًا عن الجهاز العصبي المركزي.

في القسم الحركي، تتمثَّل مهمة الأعصاب الحركية في نقل التعليمات من الجهاز العصبي المركزي إلى أجزاء أخرى من الجسم، مثل العضلات أو الغدد. تُرسِل الأعصاب الحركية إشارات في الاتجاه المعاكس للأعصاب الحسية؛ حيث تنقل أوامر الدماغ للتحكُّم في انقباض العضلات الملساء والهيكلية والقلبية. كما يُشار أحيانًا إلى الأعصاب الحركية بأنها «صادرة». كلمة «صادِر» تعني «مُغادِر». ومن ثَمَّ، فإن مصطلح «الأعصاب الصادرة» يساعد على وصف وظيفة الأعصاب الحركية التي تنقل الأوامر من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات والأعضاء والغدد من خلال الجهاز العصبي الطرفي. يوضِّح الشكل 5 الفرق في سريان المعلومات بين الأعصاب الحسية (الواردة) والأعصاب الحركية (الصادرة).

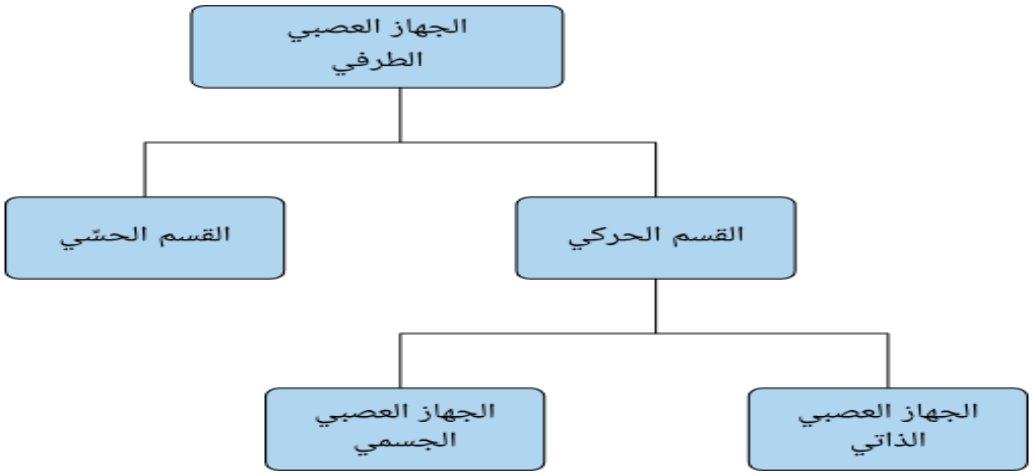
القسم الحركي (الصادر)

يؤدِّي القسم الحركي من الجهاز العصبي الطرفي وظيفة نقل النبضات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى المستجيبات.

أثناء حركتنا خلال اليوم، قد نلاحظ أن بعض الاستجابات الحركية قرارات واعية تتطلَّب انتباهنا، مثل تشغيل الضوء عندما لا نستطيع الرؤية في حجرة مظلمة. ومع ذلك، تحدث سلوكيات حركية أخرى تلقائيًّا دون الحاجة إلى إرسال رسالة إلى الدماغ باستمرار. من الأمثلة على السلوكيات التلقائية اللاواعية التنفس أو الهضم. وإذ نُدرك أن علينا إجراء هذه العمليات، فإنها تحدث دون وعي أو تفكير مُتعمد. يجري التعامل مع هذين النوعين من الاستجابات الحركية عن طريق أحد القسمين الفرعيين الرئيسيين للقسم الحركي: الجهاز العصبي الجسمي، والجهاز العصبي الذاتي.

التفكير الواعي

يُشير التفكير الواعي إلى سلوكيات تحدث تحت سيطرة وعي الفرد.



شكل يوضِّح الأقسام الفرعية للجهاز العصبي الطرفي. يُمكن تقسيم القسم الحركي من الجهاز العصبي الطرفي أيضًا إلى الجهازين العصبيين الجسمي والذاتي.

تبدأ السلوكيات الحركية الواعية، مثل فتح الباب أو تشغيل مفتاح الضوء، في الدماغ وتُنفِّذها العضلات الهيكلية أو الإرادية. بوجهٍ عام، ترتبط العضلات الهيكلية بالهيكل العظمي ويجري التحكُّم فيها من خلال التفكير والإدراك الواعي. هذا يعني أن حركة العضلات الإرادية (الهيكلية) تحدث نتيجةً لتفكير مُتعمد من أجل تحقيق هدف محدَّد.

يتحكَّم الجهاز العصبي الجسمي في عضلات الجسم الإرادية عن طريق نقل الأوامر من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات الهيكلية في الأطراف. ولكي تنتقل هذه الأوامر الحركية إلى العضلات الهيكلية، يستخدم الجهاز العصبي الجسمي أعصابًا جسمية. تربط الأعصاب الجسمية الدماغ والحبل الشوكي بالعضلات الهيكلية والمستقبلات الحسية في الجلد.

العضلات الإرادية

العضلات الإرادية عضلات هيكلية تنشط تحت تأثير التحكُّم والإدراك الواعي.

الجهاز العصبي الجسمي

يتحكَّم الجهاز العصبي الجسمي في العمليات الإرادية في الجسم عن طريق نقل النبضات من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات الهيكلية.

بالإضافة إلى التحكُّم في حركة العضلات الإرادية، يختص الجهاز العصبي الجسمي بنوع معيَّن من استجابات العضلات الهيكلية اللاإرادية، يُعرَف باسم الأفعال الانعكاسية. أثناء حدوث الفعل الانعكاسي، تتحرَّك العضلات لا إراديًّا دون تدخُّل من الدماغ. ولكي يحدث فعل انعكاسي، يجب أن يتصل عصب جسمي مباشرةً بالحبل الشوكي.

تُعَد الأفعال الانعكاسية من القدرات المهمة. فهي تسمح للعضلات بأن تستجيب بسرعة دون أي تدخُّل من الدماغ؛ الأمر الذي يساعد في حماية الجسم من الضرر في حالات معيَّنة. على سبيل المثال، إذا لمست سطحًا ساخنًا بدون قصد، يجب أن يستجيب جسمك بسرعة كبيرة. في هذه الحالة، يتخطَّى الفعل الانعكاسي عملية التحكُّم الإرادي في العضلات، ويأمر العضلة تلقائيًّا بأن تتحرَّك بعيدًا عن السطح الساخن. ومن الممكن أن نتحكم إراديًّا في فعل انعكاسي، وهو ما قد يكون ضروريًّا عندما نحتاج إلى لمس شيء ساخن لفترة قصيرة.

في الواقع، العديد من السلوكيات التي تبقينا على قيد الحياة وبصحة جيدة لا تحدث نتيجة للتحكُّم الواعي والإرادي في العضلات الهيكلية. تحدث أفعالٌ مثل التنفس أو الهضم عن طريق التفكير اللاواعي، لكنها مهمة للغاية إذا أردنا أن نبقى على قيد الحياة! والقسم الحركي الذي يتحكَّم في أعضاء الجسم الداخلية، مثل حدقة العين والأوعية الدموية والرئتين والمعدة والأمعاء، هو الجهاز العصبي الذاتي.

التفكير اللاواعي

يُشير التفكير اللاواعي إلى سلوكيات تحدث بدون وعي الفرد.

يساعد الجهاز العصبي الذاتي في التحكُّم في الأفعال اللاإرادية، مثل معدل ضربات القلب والهضم ومعدل التنفس وإفراز اللعاب والتعرق واتساع حدقة العين والتبول والاستثارة. وهذا يحدث من خلال التحكُّم في العضلات اللاإرادية. توجد العضلات اللاإرادية أو الملساء داخل جدران أعضاء وتراكيب مثل المريء والمعدة والأمعاء والأوعية الدموية. وعلى النقيض من العضلات الهيكلية أو الإرادية، لا يمكن أن تخضع العضلات الملساء للتحكُّم الإرادي.

ولأن العضلات اللاإرادية لا تخضع لسيطرتنا، يُعَد الجهاز العصبي الذاتي ذا أهمية كبيرة بوصفه نظامًا للتحكُّم في تنظيم قدرتنا على أداء وظائف الحياة الأساسية لكوننا بشرًا.

العضلات اللاإرادية

العضلات اللاإرادية عضلات ملساء لا يخضع نشاطها للتحكُّم الواعي.

الجهاز العصبي الذاتي

يتحكَّم الجهاز العصبي الذاتي في أفعال الجسم اللاإرادية، مثل الهضم والتنفس وإفراز اللعاب، عن طريق نقل النبضات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء والغدد.

لمراجعة ما تعلَّمناه، تسري المعلومات داخل الجهاز العصبي بصورة خطية إلى حدٍّ ما. أولًا، تُجمَع المعلومات الحسية عن طريق الأعصاب الحسية (أو الواردة) التابعة للجهاز العصبي الطرفي، ثم تُنقَل المعلومات إلى الجهاز العصبي المركزي لدمجها ومعالجتها. داخل الجهاز العصبي المركزي، يحدِّد الدماغ استجابة حركية مُنسقة. وبناءً على نوع الاستجابة المطلوبة، يجري تنسيق المخرجات الحركية من خلال الجهاز العصبي الجسمي أو الذاتي. إذا كانت الاستجابة الحركية إرادية، مثل الضغط على مفتاح على لوحة المفاتيح، يُستخدَم الجهاز العصبي الجسمي. وإذا كانت الاستجابة الحركية لا إرادية، مثل السعال أو التنفس، يُستخدم الجهاز العصبي الذاتي. يساعدنا التنسيق بين هذه الوظائف الحركية، استجابةً للمعلومات الحسية، في الحفاظ على الاتزان الداخلي لإبقاء بيئتنا الداخلية في حالة مستقرة وثابتة إلى حدٍّ ما.

عملية: سريان المعلومات في الجهاز العصبي للإنسان

تلقِّي المعلومات ⟵ معالجة المعلومات ⟵ تنسيق الاستجابة ⟵ الحفاظ على الاتزان الداخلي

ملحوظات

ينقسم الجهاز العصبي إلى مُكوّنين أساسيين؛ هما الجهازان العصبيان المركزي والطرفي.

يتضمَّن الجهاز العصبي المركزي الدماغ والحبل الشوكي.

ينقسم الجهاز العصبي الطرفي إلى قسمين: حسي وحركي.

ينقل القسم الحسي من الجهاز العصبي الطرفي المعلومات الحسية من المستقبلات الحسية إلى الجهاز العصبي المركزي.

يُرسل القسم الحركي إشارات في الاتجاه المعاكس للإشارات الحسية؛ حيث ينقل الأوامر من الجهاز العصبي المركزي للتحكُّم في انقباض العضلات الملساء والهيكلية والقلبية.

ينقسم القسم الحركي من الجهاز العصبي الطرفي إلى الجهازين العصبيين الجسمي والذاتي.

يتحكَّم الجهاز العصبي الجسمي في عضلات الجسم الإرادية عن طريق نقل الأوامر من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات الهيكلية في الأطراف.

ينظِّم الجهاز العصبي الذاتي وظائف الجسم التي تحدث لا إراديًّا، مثل ضغط الدم ومعدل التنفس.

الغدد الصماء

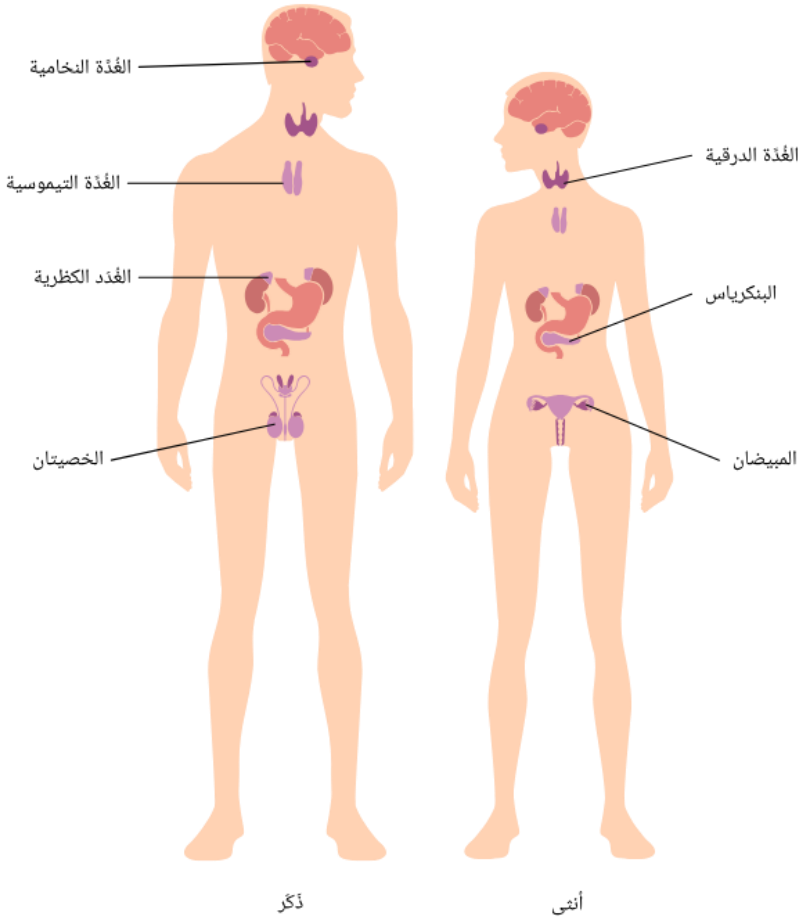
الغُدَّة الصمَّاء

الغُدَّة الصمَّاء مجموعة من الخلايا المتخصِّصة التي تُفرِز الهرمونات في مجرى الدم.

تُفرِز الغُدَد الصمَّاء الهرمونات التي يُمكن أن تؤدِّي دَوْر النواقل الكيميائية لتنظيم العمليات المختلفة في الجسم.

تتضمَّن الغُدَد الصمَّاء الرئيسية البنكرياس، والمبيضين، والخصيتين، والغُدَّة الكظرية، والغُدَّة النخامية. يُمكنك ملاحَظة هذه الغُدَد وأكثر في الصورة الآتية.

شكل توضيحي لبعض الغُدَد الصمَّاء المختلفة في جسم الإنسان.

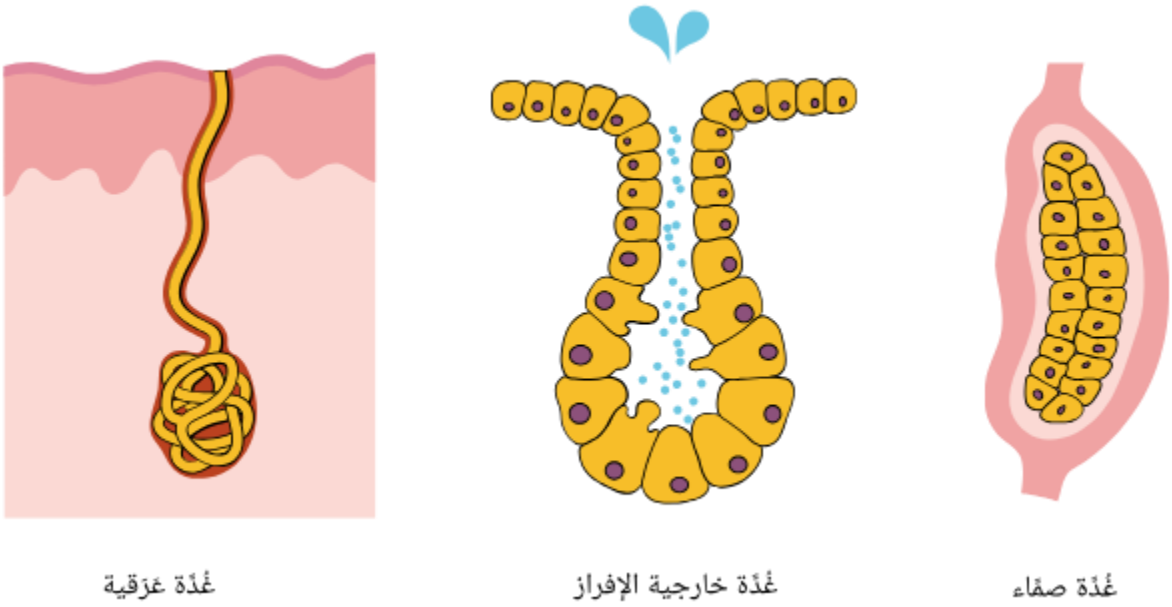


شكل توضيحي لبعض الغُدَد الصمَّاء المختلفة في جسم الإنسان.

الغُدَّة الصمَّاء

الغُدَّة الصمَّاء مجموعة من الخلايا المتخصِّصة التي تُفرِز الهرمونات في مجرى الدم.

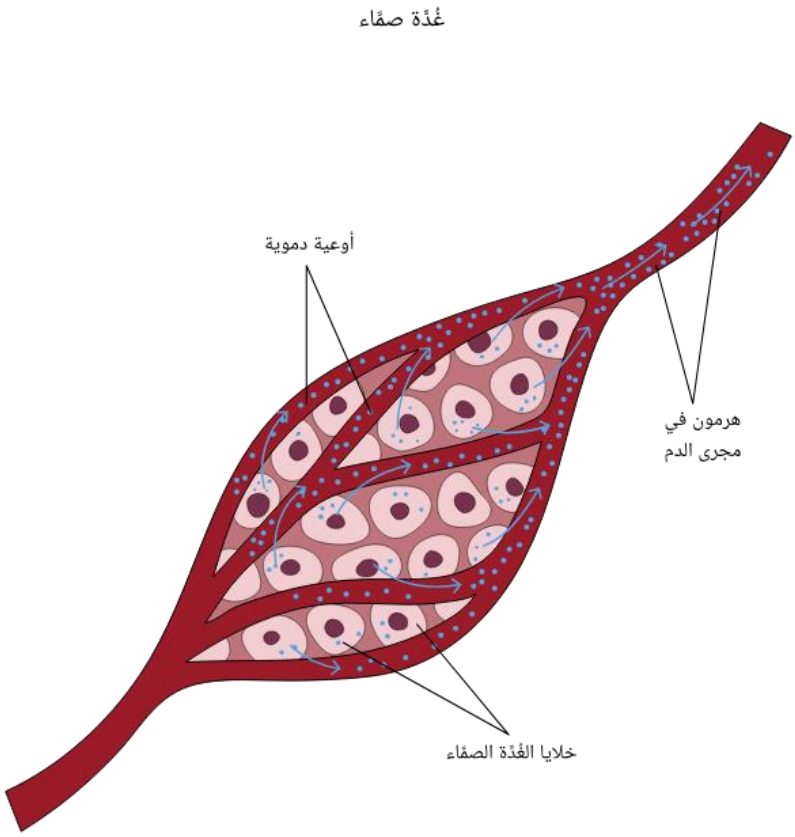
تعمل الغُدَد الصمَّاء مثل الغُدَد الأخرى. فالغُدَّة عضو يُنتِج ويُفرِز مواد تؤدِّي وظائف مختلفة في الجسم. وتُوجَد أنواع مختلفة من الغُدَد في جسم الإنسان



شكل توضيحي لبعض الغُدَد المختلفة في جسم الإنسان.

العديد من الغُدَد لها أنبوب أو قناة لتوصيل الإفرازات. على سبيل المثال، الغُدَد اللُّعابية غُدَد خارجية الإفراز تُفرِز اللُّعاب عبر قناة، في حين أن الغُدَد العَرَقية لها أنبوب طويل يُفرِز العرق.

وبعكس الغُدَد الأخرى، لا تَستخدِم الغُدَد الصمَّاء أنبوبًا أو قناةً لنقْل إفرازاتها. لهذا السبب تُسمَّى أحيانًا غُدَدًا لا قنوية. فبدلًا من القنوات، تُنتِج إفرازاتها مباشرة في مجرى الدم.



شكل توضيحي لغُدَّة صمَّاء مُحاطة بأوعية دموية. يُمكن إفراز الهرمونات مباشرةً في مجرى الدم.

تُنتِج كلُّ غُدَّة من الغُدَد الصمَّاء هرمونًا أو أكثر. ويُمكن بعد ذلك إفراز هذه الهرمونات في مجرى الدم لتَصِل إلى أعضاء محدَّدة وتؤثِّر عليها. وهذه الأعضاء تُسمَّى الأعضاء المُستهدَفة من الهرمون.

الأعضاء المُستهدَفة

الأعضاء المُستهدَفة هي الأعضاء التي تتأثَّر بالهرمونات.

وبما أن الهرمونات تُفرَز في مجرى الدم، فيُمكنها أن تؤثِّر على الأعضاء المُستهدَفة في أيِّ مكان في الجسم. لكن هذا النوع من الاتِّصال يُمكن أن يكون بطيئًا؛ لأن الهرمونات يجب أن تُفرَز وتنتقل إلى الأعضاء المُستهدَفة.

الغُدَّة النخامية غُدَّة في حجم حبة البازلاء تقع أسفل الدماغ. وتُسمَّى أحيانًا سيِّدة الغُدَد لأنها تُفرِز هرمونات يُمكن أن تتحكَّم في وظائف الغُدَد الصمَّاء الأخرى، مثل المبيضين. الأعضاء المُستهدَفة للغُدَّة النخامية ليستِ الغُدَد الصمَّاء الأخرى فحسب، بل جميع أنواع أنسجة الجسم أيضًا. على سبيل المثال، يُمكن أن تُفرِز الغُدَّة النخامية أيضًا هرمون النمو المسئول عن نمو الأنسجة وتجدُّد الخلايا.

الغُدَّة الدرقية غُدَّة على شكل فراشة تقع على السطح الأمامي للعُنق. وهي تتحكَّم في الوظائف الحيوية للجسم، مثل كيفية استهلاك الطاقة، ودرجة حرارة الجسم.

الغُدَد الكظرية غُدَّتان هرميَّتا الشكل تقع كلُّ واحدة منهما أعلى إحدى الكليتين. وتُنتِجان الأدرينالين، وهو هرمون مسئول عن استجابة الكرّ أو الفرّ. يُمكن لهذا الهرمون استهداف خلايا العضلات لزيادة تدفُّق الدم من أجل الاستعداد لوضْع خطر محتمل.

البنكرياس يُشبه ورقة شجر إسفنجية طويلة تقع أسفل المعدة. وهو يُنتِج هرمون الإنسولين المسئول عن تنظيم مستويات السُّكَّر في الدم. فعند تناول الطعام، يتكسَّر الطعام إلى جلوكوز ويذوب في مجرى الدم. والإنسولين هو الهرمون الذي يُحفِّز خلايا الجسم على امتصاص الجلوكوز لاستخدامه في إنتاج الطاقة. فمن خلال امتصاص الجلوكوز، تنخفض مستويات الجلوكوز في الدم، وتعود إلى وضْعها الطبيعي.

جميع الغُدَد الصمَّاء في الجسم مُتشابِهة جدًّا في الحجم والشكل بين الذكور والإناث، باستثناء الغُدَد الجنسية. فتُنتِج الخصيتان والمبيضان هرمونات مسئولة عن نمو الجهاز التناسُلي الذَّكَري أو الأنثوي. تُنتِج الخصيتان في الذكور هرمون التستوستيرون، ويُنتِج المبيضان في الإناث هرمونَيِ الإستروجين والبروجسترون اللذين يؤدِّيان دَوْرًا مُهِمًّا في تنظيم البلوغ والتناسُل في الإناث.

تُشارِك الهرمونات في العديد من العمليات الحيوية المختلفة. فيُمكنها أن تتحكَّم في مدى جوعك، ومدى شُعورك بالنُّعاس، ومدى طُولِك أو قِصَرك. وهي مُهِمَّة في وظائف الجهاز التناسُلي والجهاز المناعي والجهاز الهضمي. ومن دون الهرمونات، لن يتحوَّل الطعام الذي تتناوله إلى طاقة للأجسام!

الهرمون

الهرمونات نواقل كيميائية تنتقل في أنحاء جسم الكائن الحي، ويكون ذلك عادةً في الدم أو في أيِّ وَسَط نقْل آخَر، لتنسيق الاستجابات المختلفة وتنظيمها.

يحتوي جسم الإنسان، وغيره من الكائنات الحية المتعدِّدة الخلايا، على أنسجة وأعضاء مختلفة تؤدِّي وظائف معيَّنة. يجب الحفاظ على الظروف الثابتة والآمِنة داخل أجسام الكائنات الحية المتعدِّدة الخلايا. ومن أمثلة ذلك ضمان عدم ارتفاع درجة حرارة الجسم أو انخفاضها بدرجة كبيرة. تؤدِّي الهرمونات دَوْرًا مُهِمًّا في الحفاظ على هذه الظروف، وهي عملية تُعرَف باسم الاتزان الداخلي.

الاتزان الداخلي هو طريقة الجسم للحفاظ على استقرار بيئته الداخلية، على الرغم من التغيُّرات التي تحدث خارجه. على سبيل المثال، إذا كنتَ في الخارج والجوُّ باردٌ، فقد يرتجف جسمك لتوليد الحرارة اللازمة للحفاظ على درجة حرارته الداخلية. يضمن الاتزان الداخلي أداء الجسم لوظائفه على النحو الأمثل. وجميع الكائنات الحية تنظِّم بيئاتها الداخلية من أجل البقاء على قيد الحياة.

تتمثل وظيفة الغدد الصماء في إنتاج هرمونات متنوّعة تسيطر على وظائف عديدة في الجسم، إذْ يضمّ الجسم أنواعًا مختلفة من الغدد الصماء، كالغدة النخاميّة، والغدّة الدرقيّة، والغدة الكظرية، وغيرها، وقد يسفر عن حدوث خلل في الهرمونات التي تفرزها أي من هذه الغدد ظهور اضطرابات مختلفة، كالسكري، ومرض أديسون، وأمراض أُخرى قد يصعب تجنّب الإصابة بها، ولكنّ اتباع نظام حياة صحّي يفيد أحيانًا في تقليل خطورة حدوثها. يحتوي جسم الإنسان على عددٍ من الغدد

متفاوتة الحجم وتتوزّع في أجزائه المختلفة، مهمّتها إنتاج مواد تساهم في تحقيق وظائف معيّنة، إذ يُفرز نوع من الغدد سوائل بتراكيب مختلفة (عرق، أو لعاب، أو دمع، أو حليب) تنتقل إلى خارج الجسم عبر قنوات مُخصّصة لذلك، ويُطلَق على هذه الغدد اسم الغدد خارجية الإفراز (Exocrine glands)، بينما تمثّل الغدد الصمّاء النوع الآخر من الغدد، لإذ تطرح مواد كيميائيّة (الهرمونات) داخل الجسم خلال مجرى الدم.

الغدد الصماء والهرمونات التي تفرزها يضمّ الجسم أنواعًا مختلفة من الغدد الصماء التي تنتج كلٌّ منها هرمونات معيّنة تؤدي وظائف أساسيّة في الجسم، من أنواع الغدد الصماء:

الغدة النخامية

تقع الغدة النخاميّة (Pituitary gland) أسفل الدماغ مباشرة،وهي الغدّة التي تفرز هرمونات تؤثر في نموّ الجسم والقدرة على التكاثر، بالإضافة إلى دورها في تحفيز الغدد الأُخرى وحثّها على إنتاج هرمونات معيّنة بناءً على التعليمات التي تصِلها من الدماغ، لذا يُطلَق عليها اسم الغدة الصماء الرئيسية،ومن هرمونات الغدة النخامية هرمون النمو(Growth hormone) ، الذي يحفّز نموّ الأنسجة المختلفة في الجسم، بما في ذلك أنسجة العظام،إلى جانب هرمونات أُخرىهرمون البرولاكتين(Prolactin) ، الذي يحفّز إنتاج الحليب في الثدي لدى الأم المُرضع. الهرمون المانع لإدرار البول(Antidiuretic hormone) ، أو ما يُعرَف باسم الفازوبريسين(Vasopressin) ، فهو يؤثر في عمل الكليتين ليساهم في السيطرة على توازن السوائل في الجسم، إلى جانب دوره في التحكّم بضغط الدم. الهرمون المُوجّه لقشر الكظرية(Adrenocorticotropic hormone) ، إذ يحفّز الغدة الكظريّة على إنتاج هرمونات معيّنة. هرمون منبّه الدرقية (Thyroid-stimulating hormone)، وهو الهرمون الذي يُحفّز إنتاج وإفراز هرمونات الغدّة الدرقيّة. الأوكسيتوسين (Oxytocin)، يحفّز ضخ الحليب في الثدي أثناء الرضاعة، وتسهيل الولادة الطبيعيّة، بالإضافة إلى دوره في تكوين الرابطة النفسيّة بين الأم وطفلها. الهرمون المُنشط للجسم الأصفر (Luteinizing hormone)، يسيطر هذا الهرمون على مستويات الإستروجين والتستوستيرون في الجسم، وعلى عمليّة الإباضة. الهرمون المُنشّط للحوصلة(Follicle-stimulating hormone) ، وهو الهرمون الذي يسيطر على إنتاج البويضات لدى الإناث، والحيوانات المنويّة لدى الذكور.

الغدة تحت المهاد توجد الغدّة تحت المهاد (Hypothalamus) في قاعدة الدماغ أعلى الغدة النخامية، وهي الغدّة التي تربط جهاز الغدد الصماء بالجهاز العصبي، فهي تستقبل الإشارات من مختلف أنحاء الجسم عبر الدماغ، ثم تفرز هرمونات للتحكم في عمل الغدة النخامية، التي بدورها تفرز هرمونات للسيطرة على عمل الغدد الصماء الأُخرى، بالإضافة إلى ذلك تساهم الهرمونات التي تفرزها تحت المهاد في تنظيم الرغبة في تناول الطعام، ودرجة حرارة الجسم، والمزاج، والعطش، والنوم، والرغبة الجنسيّة، ومن هرمونات الغدة تحت المهاد: هرمون مطلق لهرمون النمو (Growth hormone releasing hormone)، وهرمون مطلق لموجهة الغدد التناسلية (Gonadotropin-releasing hormone)، والهرمون المطلِق لمنشط الدرقية (Thyrotrophin-releasing hormone)، والهرمون المُطلق لموجهة القشرة

(Corticotrophin releasing hormone)

الغدة الدرقية الغدة الدرقية (Thyroid gland) هي الغدة صغيرة الحجم الواقعة في الجزء الأمامي من العنق، تحيط بالقصبة الهوائيّة، ومهمّتها إفراز هرمون الثيروكسين(Thyroxine) ، وثلاثي يود الثيرونين(Tri-iodothyronine) ، والكالسيتونين(Calcitonin) ، وتساهم هرمونات الدرقيّة في السيطرة على العديد من وظائف الجسم، من أهمها التحكّم في عمليات الأيض، بالإضافة إلى دورها في نموّ العظام، وتطوّر الدماغ لدى الأطفال والرضّع، وتدفق الدم في الجسم، وسرعة نبضات القلب، وكيفيّة استخدام الخلايا للأكسجين، ومستويات الطاقة.

الغدد جارات الدرقية تقع الغدد جارات الدرقية (Parathyroid gland) الأربعة في الجزء الخلفي من الغدة الدرقية الموجودة في منطقة العنق، وتكمن مَهمّة هذه الغدد في إنتاج الهرمون جار الدرقي (Parathyroid hormone)الذي يُحوّل فيتامين د إلى الشكل النّشِط في الكليتين، والتحكّم بمستويات الكالسيوم والفسفور في الجسم.

الغدة الكظرية أو الغدة فوق الكلوية تتكوّن الغدد الكظريّة (Adrenal gland) الواقعة فوق الكليتين من جزء داخلي يُعرف باسم لُب الغدة الكظريّة(Adrenal medulla) ، وهو الجزء الذي ينتج الأدرينالين(Adrenaline) ، الذي يساهم في زيادة سرعة نبضات القلب ورفع ضغط الدم في حالة التعرّض للتوتر، أمّا الجزء الخارجي، فهو قشرة الكظريّة(Adrenal cortex) ، ومهمّتها إنتاج الكورتيكوستيرويدات (Corticosteroids) التي تساهم في السيطرة على توازن الماء والأملاح في الجسم، واستجابة الجسم للتوتر، بالإضافة إلى دور هذه الهرمونات في التحكّم بالأيض، وعمل الجهاز المناعي، وتطور الخصائص الجنسيّة.

الغدة الصنوبرية توجد الغدّة الصنوبرية(Pineal gland) في الدماغ، ومهمتها إنتاج هرمون الميلاتونين (Melatonin) الذي يلعب دورًا مهمًا في دورة النوم والاستيقاظ الطبيعيّة لدى الإنسان.

الخصيتين تُعد الخصيتين (Testes) من الغدد التناسليّة الموجودة في أجسام الذكور، وهي المسؤولة عن إنتاج الأندروجينات (Androgens) كالتستوستيرون (Testosterone) التي تساهم في ظهور تغيرات مرحلة البلوغ لدى الذكور، مثل زيادة خشونة الصوت، ونموّ الشعر في منطقة العانة والوجه، وزيادة الطول، بالإضافة إلى دورها في تحفيز إنتاج الحيوانات المنوية من الخصيتين.
المبايض تمثّل المبايض (Ovaries) الغدد التناسليّة التي تنتج هرموني البروجستيرون والإستروجين في جسم الأنثى، إذ تساعد هذه الهرمونات على ظهور تغيرات البلوغ لدى الإناث، مثل: تراكم الدهون في منطقة الأرداف والوركين، ونموّ الثدي، وتنظيم الدورة الشهريّة، كما وتلعب دورًا هامًّا في حدوث الحمل.

البنكرياس ينتج البنكرياس (Pancreas) الموجود خلف المعدة هرموني الإنسولين (Insulin) والغلوكاغون (Glucagon) اللذان يساهمان في تنظيم مستويات سكر الدم، إلى جانب أنّه العضو الذي يلعب دورًا مهمًّا في هضم الطعام.

الغدة الزعترية تقع الغدّة الزعتريّة (Thymus) في الجزء العلوي من الصدر، وتُنتِج هرمونات ضرورية لتطوّر نوع من خلايا الدم البيضاء التي تحارب العدوى وتدمّر الخلايا غير الطبيعيّة في الجسم، والتي يُطلَق عليها الخلايا التائية(T cell) ، وفي الحقيقة، تُعدّ الغدة الزعترية من غدد الجسم الضرورية لتطوّر الجهاز المناعي لدى الأطفال، بينما تبدأ بعد البلوغ بالانكماش.

مشكلات وأمراض الغدد الصماء

يُصاحب اختلال مستوى الهرمونات التي تفرزها الغدد الصماء ظهور عدد من المشكلات الصحيّة في الجسم، والتي تظهر أعراضها مختلفة بحسب نوع الهرمون المُتأثّر:[3][6] مرض السكري (Diabetes):يتطوّر مرض السكري بسبب زيادة مقاومة الخلايا لهرمون الإنسولين، أو بسبب عدم إنتاج البنكرياس لكميات كافية من الإنسولين، والذي يُسفر عنه اضطراب في السيطرة على مستويات السكر في الدم. فرط نشاط الغدة الدرقية :(Hyperthyroidism) يصاحب فرط نشاط الغدة الدرقيّة إنتاج كميّة كبيرة من هرمونات الغدة الدرقية لتتجاوز الحدود الطبيعية في الجسم، وهذا ما يُسفر عن ظهور أعراضٍ مختلفة على المصاب، كالشعور بالعصبيّة والإرهاق، وكثرة التعرّق، وفرط الشهيّة لتناول الطعام، وخسارة الوزن، وخفقان القلب، وغيرها. متلازمة كوشينغ Cushing) syndrome):تظهر أعراض متلازمة كوشينغ على صورة استدارة في الوجه، ونحافة في الساقين والذراعين، وزيادة في وزن الجسم، وضعف في العضلات، وسهولة الإصابة بالكدمات، وغيرها من الأعراض المرتبطة بإنتاج كميّات كبيرة من هرمون الكورتيزول في الجسم، وهو الهرمون الذي تفرزه الغدّة الكظريّة استجابةً للتوتر. مرض أديسون(Addison's disease) : يظهر على المصاب بمرض أديسون أعراض تختلف من شخصٍ لآخر، كخسارة الوزن، والشعور بالإرهاق، وانخفاض سكر الدم، والشعور بالغثيان أو الرغبة التقيؤ، وغيرها، ويعود سبب الإصابة بهذا المرض إلى عدم إنتاج كميات كافية من هرمون الكورتيزول أو الألدوستيرون (Aldosterone) من الغدة الكظرية. اضطرابات أُخرى مرتبطة بجهاز الغدد الصماء: يصعُب حصر كافة الاضطرابات المتعلقة بجهاز الغدد الصماء، ولكن إلى جانب ما ذُكر سابقًا، توجد اضطرابات أُخرى قد ترتبط بهذا الجهاز، مثل: متلازمة تكيس المبايض(PCOS) ، وقصور الغدد التناسلية(Hypogonadism) ، وضخامة الأطراف(Acromegaly) ، والعملقة(Gigantism) ، والبلوغ المبكر(Precocious puberty) .