المملكة العربية السعودية
وزارة التربية والتعليم
التطوير التربوي

وزارة التربية والتعليم
MINISTRY OF EDUCATION

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

الأحياء

للصّفِ الثَّاني الثَّانوي

الفصل الدراسي الثاني

تعديل

فهد بن ناصر العقيِّل — سليمان بن محمد الحبيب

مخلد بن حامد المطيري — أحمد بن ناصر السعدون

أحمد بن عبدالله الفوزان — محمد بن سليمان السويد

طبعة ١٤٢٨هـ - ١٤٢٩هـ
٢٠٠٧م - ٢٠٠٨م

توزع مجانا وللبيع

ⓒ وزارة التربية والتعليم

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
السعودية، وزارة التربية والتعليم
علم الأحياء : للصف الثاني الثانوي : الفصل الثاني. - الرياض
٢٠٠ ص ؛ ٢١ ٢٣ x سم
ردمك: ٥-٢٠٧-١٩-٩٩٦٠ (مجموعة)
١-٢٠٩-١٩-٩٩٦٠ (ج٢)
-١ علم الأحياء - كتب دراسية -٢ التعليم الثانوي
السعودية - كتب دراسية. أ. العنوان

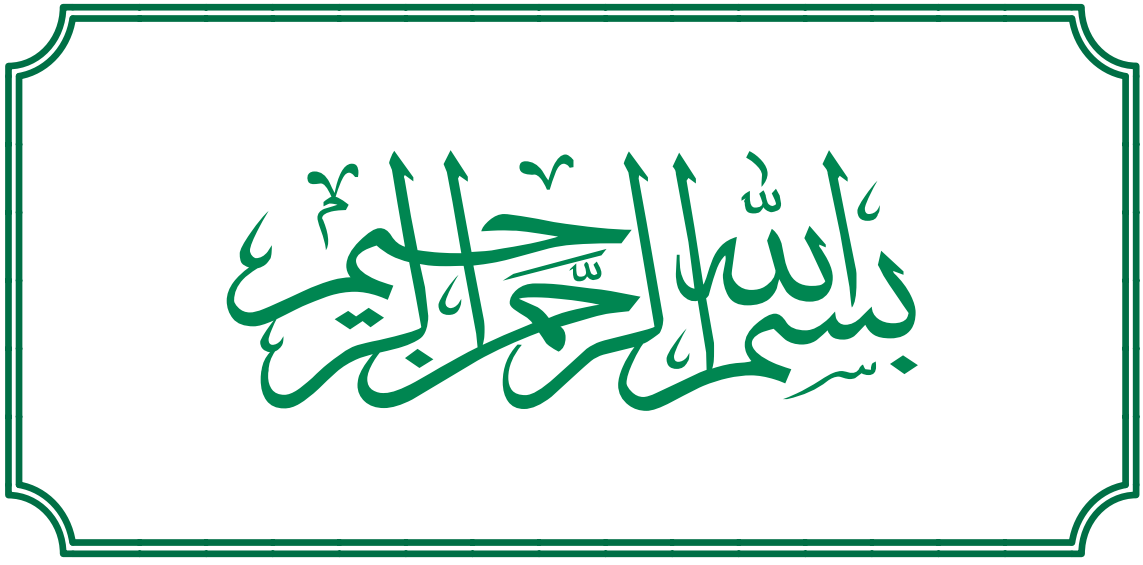
رقم الإيداع: ١٩/٢١٢٠
ردمـــــــك: ٥-٢٠٧-١٩-٩٩٦٠ (مجموعة)
١-٢٠٩-١٩-٩٩٦٠ (ج٢)

لهذا الكتاب قيمة مهمة وفائدة كبيرة فلنحافظ عليه ولنجعل نظافته تشهد على حسن سلوكنا معه

إذا لم نحتفظ بهذا الكتاب في مكتبتنا الخاصة في آخر العام للاستفادة منه فلنجعل مكتبة مدرستنا تحتفظ به...

حقوق الطبع والنشر محفوظة
لوزارة التربية والتعليم
بالمملكة العربية السعودية

موقع الوزارة
www.moe.gov.sa
موقع الإدارة العامة للمناهج
www.moe.gov.sa /curriculum /index.htm
البريد الإلكتروني للإدارة العامة للمناهج
curriculum@moe.gov.sa


بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة الكتاب

الحمد لله الذي علم بالقلم علم الإنسان ما لم يعلم ووهب الإنسان عقلاً وعلمه كيف يعمل وكيف ينتج ويثمر علمه أن كل شيء خلقه لحكمة بالغة وأن للإنسان أن يبحث فيما حوله ليجد ما يعينه على حياة أفضل وبعد،

أخي المعلم أختي المعلمة:

نضع بين أيديكم كتاب الأحياء للصف الثاني الثانوي ـ قسم العلوم الطبيعية ـ بعد تعديله وتطويره بما نعتقد أنه يلبي بعضاً من احتياجات المتعلمين العلمية والحياتية، ويتواءم مع أحدث ما أشارت إليه المراجع العلمية فيما يتعلق بعلوم الحياة، ومن خلال ما ورد من مرئيات ومقترحات من الزملاء المعلمين والمشرفين في الميدان، ومن خلال الورش التي عقدت حول الكتاب في بعض المناطق التعليمية وبعد استطلاع آراء بعض المتخصصين والميدانيين اتخذنا منهجاً في التعديل يمكن تحديده بالنقاط التالية:

١- كان من أولويات المحتوى لدينا ربطه بحكمة الخالق وجليل صنعه عبر إشارات تنير البصيرة، وتنمّي الوجدان، وتبعث على التفكر.

٢- إفراد أهداف خاصة لكل فصل، يوجّه إليها المعلّم/ المعلمة جهده ويشتق منها أهدافه التدريسية، ويسدد بتنفيذها ما قصر عنه المحتوى أو لم ينجح في الإبانة عن تفعيلها في الموقف التعليمي.

٣- إعادة صياغة محتوى الكتاب وتحريره بلغة علمية دقيقة تشير إلى حقيقة المعنى المراد بما يتناسب مع قيمنا الإسلامية وقدرات المتعلم في هذه المرحلة.

٤- مراجعة جميع المعارف العلمية المتضمنة في الكتاب وتحديثها والاستغناء عما تكرر منها في مراحل سابقة أو ما أغرق في تفاصيل رأينا أن المتعلم لا يحتاجها في هذه المرحلة.

٥- العناية بالمجال التطبيقي لعلم الأحياء في حياتنا وما نتعايش مع آثاره يومياً.

-٦ لأهمية الصور والرسوم في علم الأحياء فقد أوليت عناية خاصة وذلك بإضافة مجموعات تتناسب مع المحتوى وتساهم في إدراكه.

-٧ تم إضافة مقاطع ممتعة تساهم في رفع مستوى الثقافة العلمية وتحث على التعلّم الذاتي.

-٨ تم إدخال وقفات بين ثنايا المحتوى تحث على إعمال الفكر واستقصاء المعرفة وتساهم في تنمية ملكة البحث والتأمّل لدى المتعلم.

-٩ حرصنا على الارتباط بالمعرفة المتجددة عبر شبكة المعلوماتية فاقترحنا بعض المواقع الإلكترونية التي تتعلق ببعض موضوعات الكتاب.

-١٠ أعيد بناء أسئلة التقويم في نهاية كل فصل بما يحقق أهدافه، ولا تعدو أن تكون أنموذجاً ينبغي على المعلّم/ المعلمة أن يضيف إليها ما يرى مناسبته بما يحقق تلك الأهداف ويرتقي بمستوى المتعلم.

ومن الجدير بالذكر أن التطوير لهذا الكتاب قد حافظ على المحتوى المعرفي الأساسي الذي كان موجوداً في الطبعة السابقة عدا ما يستدعي التحديث أو الحذف أو التفصيل أو النقل مراعاة للتكامل من الصف الأول، ولا نظن أن الكتاب قد بلغ الكمال أو قاربه، بل نعتقد أنه خطوة في التطوير يتلوها خطوات تنتظر مساهمات المشرفين والمشرفات والمعلمين والمعلمات بملحوظاتهم، كما نؤكد على بعض النقاط التي نرى أنها ضرورية في الاستفادة من هذا الكتاب وهي:

-١ يبقى الكتاب وسيطاً للتعلم وليس هو المصدر الوحيد، ولذلك حرصنا عند تصميم المواقف التعليمية أن نبقي مساحة واسعة للمعلم/ المعلمة تظهر فيها ابتكاراته وأساليبه في تنفيذ المنهج ولا يعدو ما فعلناه أن يكون مثالاً يحتذى نسقه.

-٢ أهمية تنفيذ مواقف التأمل ومساحات البحث والمعلومات الإثرائية والإضاءات - وإن كان غير مطالب بها المتعلم في التقويم - ليكتمل إدراك المتعلم لموضوع الدرس ويستوعب مفاهيمه الأساسية.

-٣ اعتبار المعرفة العلمية وسيلة وليست غاية في حد ذاتها، وبالتالي لابد من ربطها بحياة المتعلّم اليومية ومشكلات مجتمعه، وينبغي للمعلم/ المعلمة أن يتجاوز حدود المحتوى من خلال طرائق تدريس تفعّل دور المجتمع والمواقف الحياتية بما يخدم المنهج ويجعل التعليم ذا معنى.

وأخيراً نتقدم بالشكر لكل من ساهم في مراجعة وتقديم المرئيات حول هذه الطبعة.

بعض الفقرات في هذا الكتاب ومدلولاتها ورموزها

الرمز	الفقرة	دلالتها
	نشاط عملي	عبارة عن النشاطات التجريبية العملية التي يجريها المتعلمون داخل غرفة المختبر أو يجريها المعلم/ المعلمة عند خطورتها أو عدم كفاية المواد والأجهزة. وتدخل في عملية تقويم المتعلمين.
	معلومات إثرائية	هي المعلومات الإضافية حول الموضوع قيد الدراسة أو فقرات منه يقف المتعلم على المزيد حولها دون أن يدخل ما تضمنته في عمليات تقويم المتعلمين.
	إضاءة	هي معلومات سريعة وخفيفة حول الموضوع لزيادة ثقافة المتعلمين حول الموضوع دون أن تدخل في عملية تقويم المتعلمين.
	تأمل	فقرة يقصد منها لفت انتباه المتعلم إلى بعض الدلائل الإيمانية من خلال تأمل بعض الظواهر ذات العلاقة بالموضوع كما يمكن أن تكون محور نقاش تربوي إيماني هادف دون أن يدخل في عملية تقويم المتعلمين.
	الأحياء في حياتنا	فقرات نقصد بها لفت انتباه المتعلم إلى بعض التطبيقات الحياتية للموضوع أو فقرات منه لزيادة واقعية التعلم لدى المتعلمين وإشعاره بأهمية علم الأحياء في الحياة، دون أن تدخل في عملية تقويم المتعلمين.

الـــرمـــز	الفـقـــرة	دلالتـهـا
	نشـــاط ميـداني	نوع من النشاطات التجريبية خارج الصف تنفذ جماعياً أو فردياً أو على شكل مجموعات صغيرة حسب طبيعة النشاط وتسجل فيها التقارير الوصفية والتساؤلات من خلال النشاط ويناقش المعلم/المعلمة نتائج المتعلمين جماعياً دون أن يدخل ذلك في التقويم.
	فـكّـــر	هي تلك التساؤلات التي تسهم في تنمية مهارات التفكير لدى المتعلمين وترتبط ارتباطاً وثيقاً بموضوع الدرس أو أحد فقراته ويطالب بها المتعلم في عمليات التقويم المختلفة.
	ابـحـــث	فقرة تهدف إلى ممارسة المتعلم مهارات البحث العلمي بصور مبسطة من خلال تساؤل أو مشكلة تعرض عليه ليصل إلى حلها من خلال المصادر المعرفية المختلفة المتوفرة مثل المكتبة العلمية، البرامج الحاسوبية الشبكة العالمية للمعلومات (الإنترنت) وغيرها. دون مطالبته بها في عملية التقويم النهائي في آخر الفصل.
	التقـــويـــم	هي أسئلة حول موضوع الفصل يتم تكليف الطالب للإجابة عليها منزلياً ويقوم المعلم/ المعلمة بتقويمها كما يمكن اختيار بعضها أو غيرها للمناقشة الصفية. وقد يرد بعض الأمثلة حول المعلومات الإثرائية أو الأحياء في حياتنا أو غيرها يمكن الاستفادة منها ومناقشة المتعلمين فيها عند وجود متسع من الوقت.

الفهرس

الفصل الثامن: عمليات التغذية والهضم ١٣

الفصل التاسع: عمليات النقل ٤٩

الفصل العاشر: عمليات التنفس وتبادل الغازات ٧٩

الفصل الحادي عشر: عمليات الإخراج والتخلص من الفضلات ١٠٩

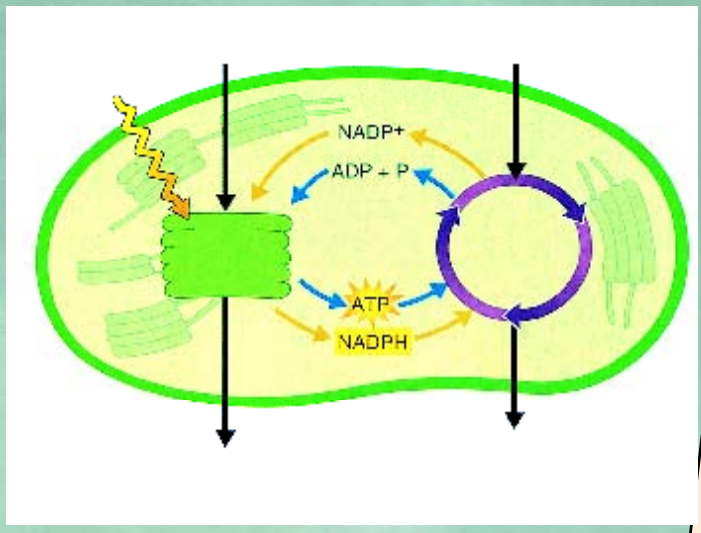
الفصل الثاني عشر: الدعامة والهيكل ١٣٣

الفصل الثالث عشر: الحركة و الأجـهــزة العضلية ١٥٣

الفصل الرابع عشر: التنظيم الهرموني والعصبي ١٦٧

٨

عمليات التغذية والهضم



الأهـداف

يتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل أن :

١) تعرف المصطلحات العلمية الآتية : التميؤ الأنزيمي ، عملية التكتل (البلمرة).
٢) تصنف المخلوقات الحية حسب التغذية .
٣) تعدد أنماط الهضم في المخلوقات الحية .
٤) تبين أهمية الهضم للمخلوقات الحية .
٥) تصف طريقة الهضم في بعض المخلوقات الحية .
٦) تقارن بين عمليات الهضم في المخلوقات الحية .
٧) تصف طريقة هضم المواد الغذائية المختلفة في جسم الإنسان .
٨) تسمي الأنزيمات الهاضمة للمواد الغذائية المختلفة في جسم الإنسان .
٩) تتأمل قدرة الله سبحانه وتعالى في خلقه من خلال دراستك لعملية الهضم في أجسام المخلوقات الحية .

مقدمة :

خلق الله ـ سبحانه وتعالى ـ كل مخلوق حي وجعله قادراً على التكيف مع بيئته والقيام بعملياته الحيوية على أكمل وجه . ومن هذه العمليات الحيوية التي يقوم بها المخلوق الحي عمليات التغذية والهضم .

تحتاج المخلوقات الحية إلى الطاقة ؛ لذا تسعى للحصول عليها من الغذاء في البيئة المحيطة بها،وتختلف المخلوقات الحية في تغذيتها ، فالحيوان مثلاً حينما يتناول غذاءه يقوم بتفتيته إلى أجزاء صغيرة لتسهيل هضمها ثم امتصاصها عبر خلايا الأمعاء الدقيقة ، إلا أن بعض المخلوقات الحية مثل البكتيريا والفطريات والطحالب والنباتات تختلف في طريقة حصولها على الغذاء.

وبناءً عليه فإن لكل مخلوق حي نمط في التغذية يختلف عن غيره من المخلوقات.

أنماط التغذية

تختلف المخلوقات الحية في تغذيتها وفي طريقة حصولها على الغذاء . وقد تم تصنيفها حسب نمط تغذيتها إلى قسمين : ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية .

١) المخلوقات الحية غير ذاتية التغذية (متباينة التغذية) (Heterotrophs):

وهي التي لا تستطيع الاعتماد على نفسها في تجهيز غذائها من مواد بسيطة تأخذها من الوسط المحيط بها، حيث تعتمد هذه المخلوقات في تغذيتها على النباتات الخضراء إما بشكل مباشر أو غير مباشر، حيث تأخذ المواد العضوية من النبات الأخضر مباشرة أو تتغذى على حيوان آخر يعتمد في تغذيته على النبات الأخضر .

وتقسم المخلوقات الحية غير ذاتية التغذية إلى ثلاثة أنواع هي :

أ) المخلوقات الحية المتناولة للغذاء (Holotrophs) :

وهي التي تتناول غذائها وتبتلعه عن طريق الفم، وينتقل هذا الغذاء إلى جهاز هضمي خاص يقوم بهضم الغذاء وامتصاصه . ومن الأمثلة على هذا النوع التغذية في الفقاريات، وفي كثير من اللافقاريات .

ب) المخلوقات الحية الرمية (Saprophytes):

وهي التي تعتمد في غذائها على المواد العضوية المتعفنة (بقايا المخلوقات الحية الأخرى)، ومن أمثلة هذا النوع بعض أنواع البكتيريا والفطريات .

تـأمـل

المخلوقات الحية الرمية

يعيش من حولنا عدد كبير من المخلوقات الحية الدقيقة مثل البكـتيريا والفطريات التي خلقها الله سبحانه وتعالى، وجعلها أداة فعالة لتحليل جثث المخلوقات الميتة لتتغذى عليها، وبذلك تخلص البيئة من الجثث المتراكمة وتعتبر من العوامل المساعدة في زيادة خصوبة التربة لأنها تحلل المواد العضوية باستمرار فتضيف سماداً جديداً إلى التربة.

جـ) المخلوقات الحية الطفيلية (Parasites):

وهي التي تتطفل على مخلوقات حية أخرى، إما على سطحها الخارجي مثل القمل والبق والبعوض، وإما في داخل جسمها مثل ديدان الإسكارس والدودة الشريطية، والبكتيريا المرضية مثل البكتيريا المسببة لمرض الزهري، والفيروسات مثل الفيروس المسبب لمرض الأنفلونزا، وتمتص هذه المخلوقات الحية غذاءها الجاهز من عائلها الذي تتطفل عليه وتسبب له الضرر .

الدودة الشريطية

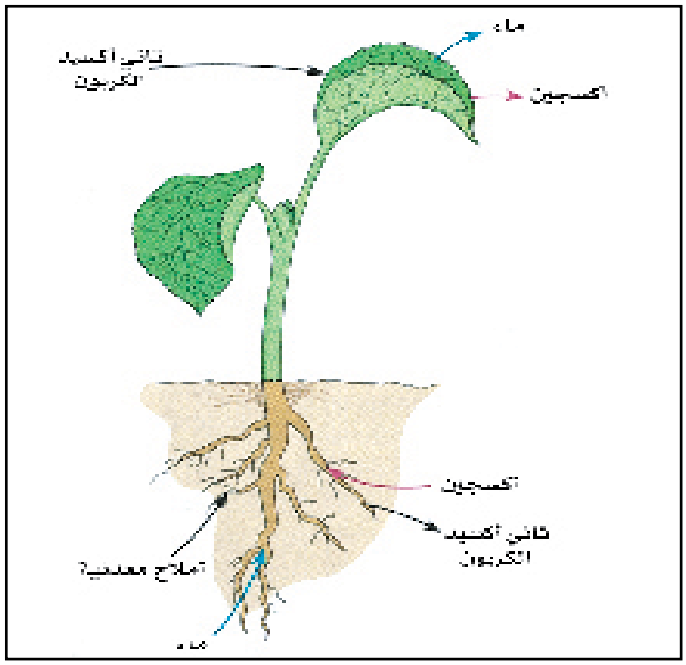
معلومات إثرائية

البكـتيريا الضارة والبكـتيريا النافعة:

يعتقد كثير من الناس أن كثيراً من البكتيريا ضارة وذلك بإحداث الأمراض لمختلف المخلوقات الحية، ولكن في الحقيقة أن القليل منها ضار والكثير منها نافع، حيث خلقها الله سبحانه وتعالى لتسهم في المحافظة على التوازن البيئي من خلال تحليلها للمخلوقات الميتة.

كما أن البكتيريا الموجودة في أمعاء الإنسان والحيوان لها دور في عملية الهضم حيث تستطيع هذه البكتيريا هضم مادة السليلوز المعقدة في النباتات والتي لا تستطيع الأمعاء تحليلها دون مساعدة البكتيريا. وكذلك البكتيريا الموجودة في العقد النيتروجينية في جذور النباتات البقولية والتي تثبت النيتروجين. وأيضاً تستخدم البكتيريا في كثير من الصناعات الغذائية وإنتاج المركبات الطبية والفيتامينات.

٢) المخلوقات الحية ذاتية التغذية (Autotrophs):



وهـي التي تعتمد على نفسها في تجهيز غذائها، مثل النباتات الخضراء، حيث تقوم بعملية البناء الضوئي وتكون غذاءها من مواد أولية بسيطة تأخذها من الوسط المحيط بها، وهذه المواد هي ثاني أكسيد الكربون والماء. وبوجود الضوء ومساعدة عوامل خاصة (أنزيمات توجد في البلاستيدات الخـضراء)، تستطيع النباتات الخضراء بهذه العملية تكوين مركبات عضوية أولية (سكرية) من مواد غير عضوية.

ومن هذه المواد السكرية والأملاح المعدنية التي يمتصها النبات من التربة تتكون المواد العضوية الأخرى مثل الدهون والبروتينات والكربوهيدرات.

وتعتمد النباتات بشكل كبير على الأوراق للقيام بعملية البناء الضوئي.

التركيب الداخلي للورقة :

تتركب الورقة في نباتات ذوات الفلقتين من الطبقات التالية :

١- البشرة Epidermis :

تتكون البشرة عادة من صف واحد من الخلايا المتراصة الخالية من الكلوروفيل غالباً ، عدا الخلايا الحارسة التي تحتوي على الكلوروفيل . تغطى البشرة بطبقة الأدمة التي تكون عادة سميكة في البشرة العليا ورقيقة في البشرة السفلى ، تشبه خلايا البشرة السفلى خلايا البشرة العليا، إلا أن خلايا البشرة السفلى أقل انتظاماً وأرق جدراً وأكثر احتواءً على الثغور. وبشرة الأوراق ذات أهمية كبيرة، لأنها تدعم الأنسجة العمادية وتحمي أنسجة الورقة الداخلية التي تقع تحتها من العوامل الضارة وخاصة فقد الماء .

فكّر

لماذا يزداد سُمْكُ الأدمة في أوراق النباتات الصحراوية بينما قد تكون معدومة في النباتات المائية ؟

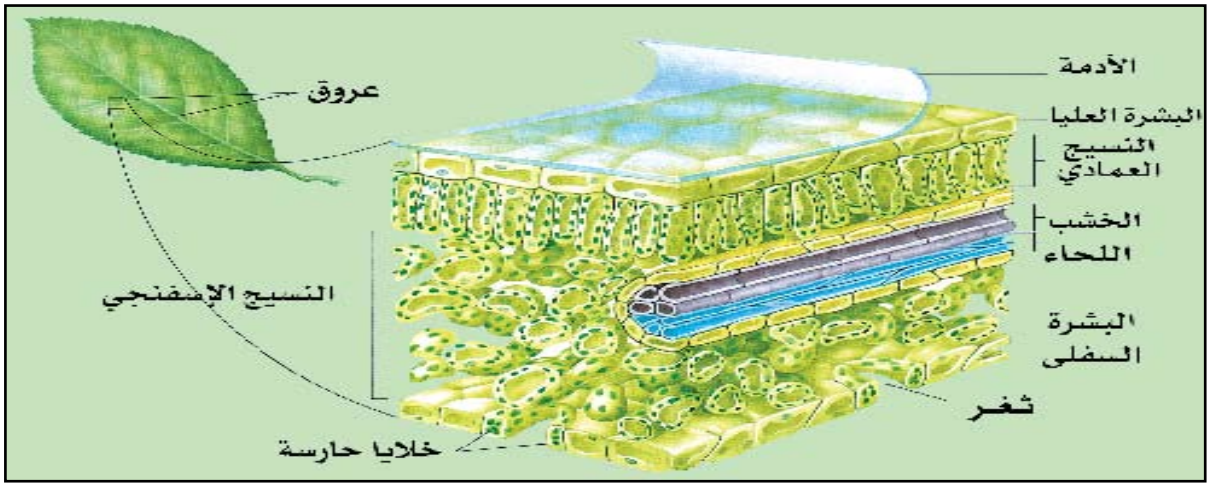
٢- النسيج الوسطي Mesophyll :

ويتكون من نسيجين هما :

أ- النسيج العمادي palisade، ويقع قرب البشرة العليا، وخلاياه مستطيلة الشكل ومتلاصقة مع بعضها وتحتوي على عدد كبير من البلاستيدات الخضراء.

ب- النسيج الأسفنجي spongy ، خلاياه غير منتظمة الشكل وتحتوي على بلاستيدات خضراء وتوجد بينها فراغات هوائية لتساعد على التهوية.

٣- الحزم الوعائية Vascular bundles، تتكون من أوعية خشبية سميكة الجدر وأوعية لحائية رقيقة الجدر.



رسم تخطيطي يوضح تركيب الورقة

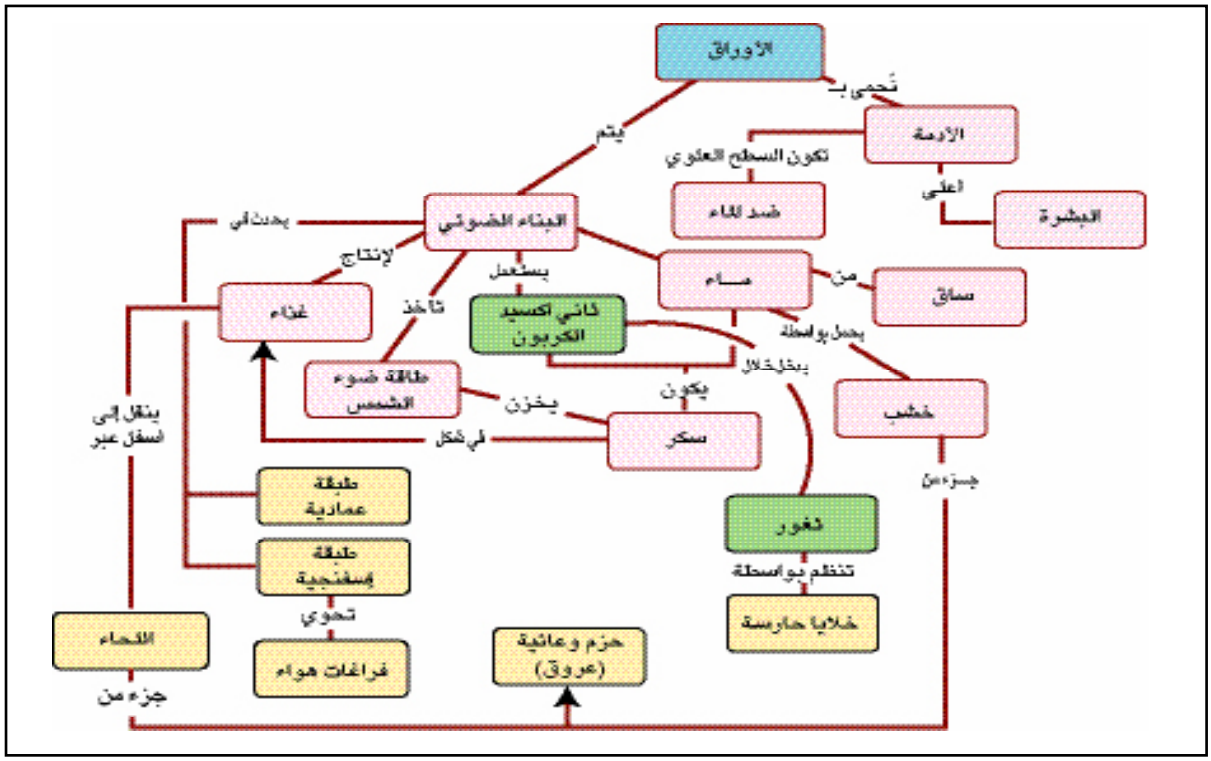
فكّر

ما التكيفات الموجودة في الورقة لتمنع فقدان الماء ؟

نشاط عملي

افحص شريحة جاهزة لقطاع في ورقة نبات من ذوات فلقتين ، ولاحظ التراكيب الداخلية فيها.

خريطة المفاهيم عن الأوراق ووظائفها (للاطلاع)



عملية البناء الضوئي

تمتاز النباتات بقدرتها على الاستفادة من الطاقة الشمسية، وتخزينها ثم استعمالها في العمليات الحيوية، ونظراً لأن النباتات تعتمد على الضوء في تكوين المركبات الكربوهيدراتية، فإن عملية التكوين هذه تسمى بعملية البناء الضوئي . إن المواد الأساسية اللازمة لعملية البناء الضوئي هي ثاني أكسيد الكربون والماء وصبغة الكلوروفيل (اليخضور) وإنزيمات خاصة، وبوجود الطاقة الضوئية يتحد ثاني أكسيد الكربون والماء مكونين سكر الجلوكوز كما هو مبين في المعادلة الآتية.

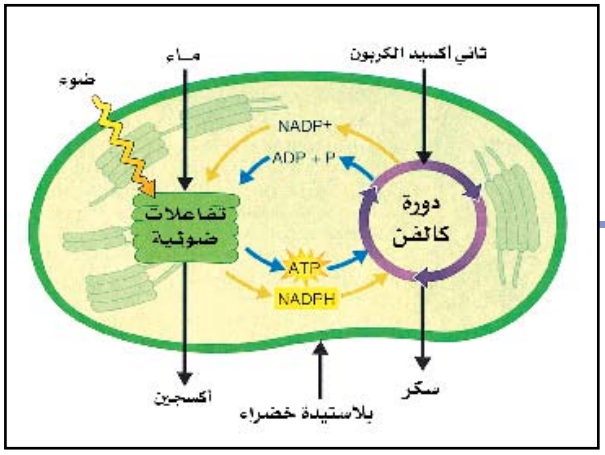
$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{بلاستيدات خضراء}]{\text{ضـــوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

أظهرت الدراسات العلمية بأن عملية البناء الضوئي تمر بمجموعتين من التفاعلات هما :

١) **التفاعلات الضوئية** Light Reactions

٢) **التفاعلات غير الضوئية** Dark Reactions

وسيتم وصف هذه التفاعلات فيما يأتي :

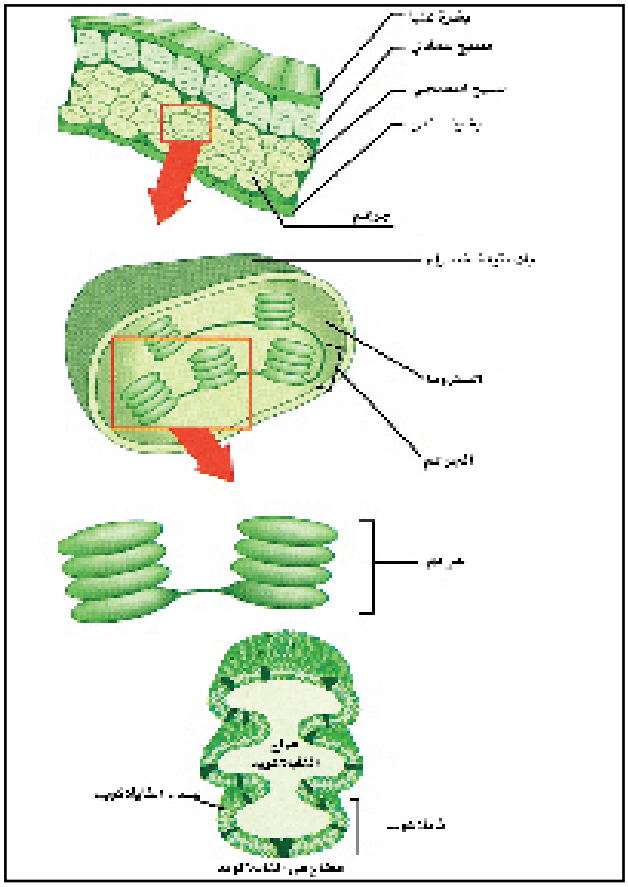


عملية البناء الضوئي

التفاعلات الضوئية :

تقوم الأنسجة النباتية بامتصاص الطاقة الضوئية بواسطة أصباغ مختلفة في الخلايا النباتية، وهذه الأصباغ لها قدرة امتصاص عالية للموجات الحمراء والزرقاء وقوة ضعيفة لامتصاص الموجات الخضراء، ومن الأصباغ الهامة في عملية البناء الضوئي يخضور(a) ويخضور (b) ويخضور (c)، واليخضور مركب عضوي يحتوي على عنصر المغنيسيوم وهو يشبه إلى حد ما تركيب الهيموجلوبين في الدم الذي يحتوي على عنصر الحديد بدل المغنيسيوم.

توجد مادة اليخضور في البلاستيدات الخضراء، وتتكون البلاستيدات الخضراء من صفائح تعرف بالجرانم (Granum) وهي توجد في أرضية تعرف بالحشوة (الستروما) (Stroma)، وتتكون الجرانم من طبقات من أجزاء داخلية تدعى الثايلاكويد Thylakoid على أغشيتها تحدث التفاعلات الضوئية حيث يحوي الغشاء على صبغات (كلوروفيل) تعمل على امتصاص الطاقة الضوئية وسلاسل النقل الإلكتروني التي تعمل على نقل الإلكترونات من جزيء إلى آخر، كما تحتوي على بعض الأنزيمات.



رسم تخطيطي يوضح تركيب الورقة والبلاستيدات

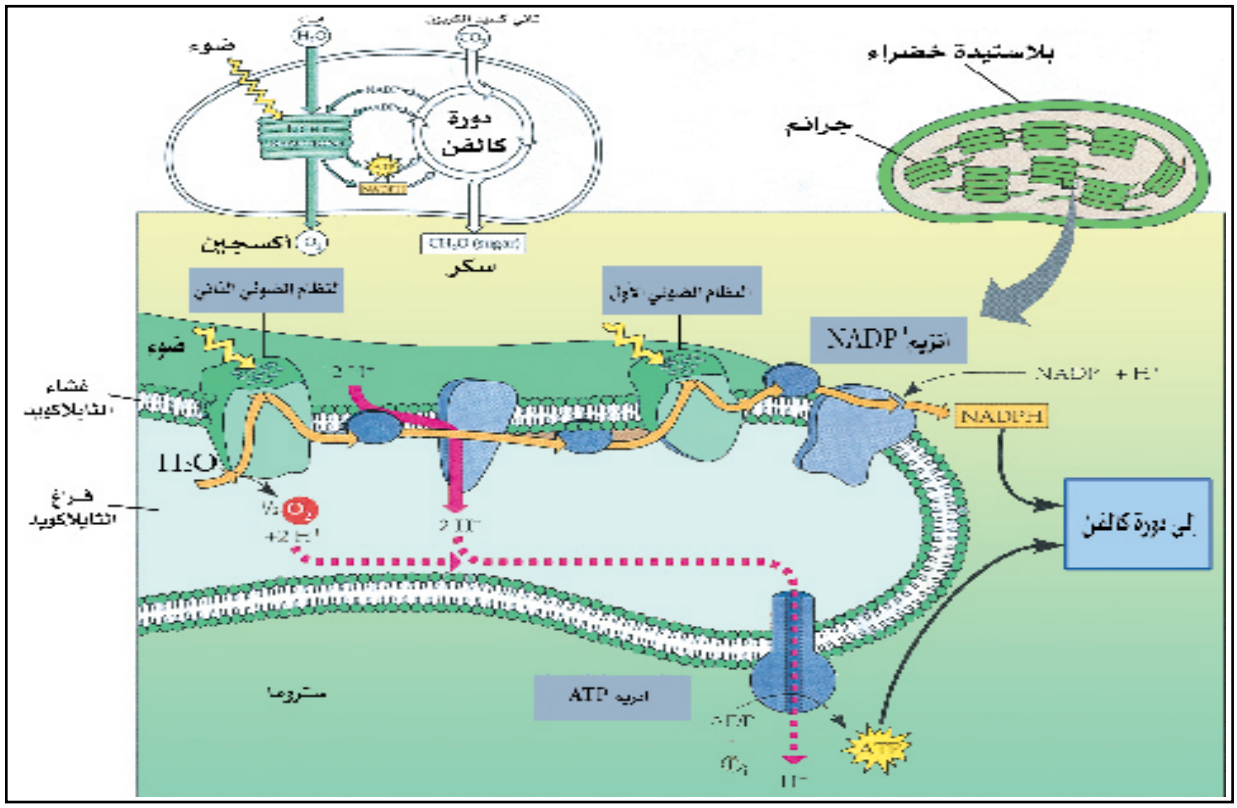
كما مر معنا تحدث التفاعلات الضوئية على غشاء الثايلاكويد، حيث يحتوي هذا الغشاء كما يظهر من الرسم التخطيطي على:

١- تجمع الكلورفيل وأصباغ أخرى تعرف بالنظام الضوئي الثاني **photo system II** وأخرى بالنظام الضوئي الأول **photo system I** وهذين النظامين لهما القدرة على امتصاص الضوء.

٢- سلسلة نقل الإلكترونات التي تقوم بنقل الإلكترونات من جزيء إلى آخر.

إضـــاءة

يمتص النظام الضوئي الأول موجات الضوء بطول ٧٠٠ نانومتر في حين أن النظام الضوئي الثاني يمتص موجات الضوء بطول ٦٨٠ نانومتر ويعمل هذان النظامان عملاً متكاملاً لامتصاص الطاقة الضوئية.



خطوات التفاعلات الضوئية (للاطلاع)

وتمر التفاعلات الضوئية بالخطوات التالية:

الخطوة الأولى:

تمتص الطاقة الشمسية بواسطة الإلكترونات الموجودة على النظام الضوئي الثاني (II) مما يزيد من مستوى الطاقة لها، حيث يتم تمرير هذه الإلكترونات ذات الطاقة العالية إلى سلسلة نقل الإلكترونات على غشاء الثايلاكويد ويتم تعويض الإلكترونات المفقودة في النظام الضوئي الثاني عن طريق تفكيك جزيئي الماء (على سطح الثايلاكويد) إلى ذرة أكسجين وأيونات ($2H^+$)هيدروجين يتم تحريرها داخل غشاء الثايلاكويد.

الخطوة الثانية:

تنتقل الإلكترونات عالية الطاقة من خلال سلسلة النقل الإلكتروني من النظام الضوئي الثاني (II) إلى النظام الضوئي الأول (I) ويستغل جزء من طاقة هذه الإلكترونات في نقل أيونات الهيدروجين من الستروما إلى داخل الثايلاكويد.

الخطوة الثالثة:

تعمل الأصباغ في النظام الضوئي الأول (I) على امتصاص الضوء لزيادة طاقة الإلكترونات ليقوم مركب $NADP^+$ بجذب هذه الإلكترونات عالية الطاقة الموجودة على الغلاف الخارجي للثايلاكويد بالإضافة إلى أيون الهيدروجين H^+ ليكون مركب NADPH .

الخطوة الرابعة:

نتيجة لانطلاق أيونات H^+ خلال عملية تحلل الماء ونقل الإلكترونات يصبح غشاء الثايلاكويد الداخلي موجب الشحنة والخارجي سالب الشحنة ولاختلاف هذه الشحنات خلال الغشاء تنتج طاقة تعمل على تكوين مركب ATP.

وبهذا يتم تكوين المركبين NADPH وATP اللازمين لحدوث الخطوة التالية وهي التفاعلات غير الضوئية.

إضـــاءة

أثبت العالمان روبن وكامن عام ١٩٤١م، أن الأكسجين الذي ينتج من عملية البناء الضوئي ينتج عن تفكك الماء وذلك باستعمال النظير المشع O_{18} في ثاني أكسيد الكربون CO_2 ولاحظا بأن الأكسجين الناتج ليس بالنظير المشع، بينما لاحظ أن استعمال النظير المشع للأكسجين في الماء يؤدي إلى تكون أكسجين مشع.

معلومات إثرائية

مركب أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP).

مركب أدينوسين ثلاثي الفوسفات Adenosine Triphosphate ويعرف اختصاراً بـِ ATP، يتألف ATP من القاعدة النيتروجنية أدينين وسكر الرايبوز وثلاث مجموعات فوسفات،وتحتوي الروابط بين مجموعات الفوسفات على طاقة كيميائية مختزنة بكميات كبيرة ويمكن لهذه الطاقة أن تنطلق عند تحطم إحدى روابط الفوسفات، فعند تحطم الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الثالثة والثانية، تتحرر طاقة مقدارها ٧,٣ كيلوسعر/ مول، كما ينتج مركب أدينوسين ثنائي الفوسفات Adenosine Diphosphate ويعرف اختصاراً بـِ ADP.وقد تتحطم الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الثانية والأولى لينتج مركب أدينوسين أحادي الفوسفات Adenosine Monophosphate ويعرف اختصاراً بـِ AMP .

من استعمالات ATP في الخلية:

تحتاج الخلية النشطة حوالي مليوني جزيئ من ATP كل ثانية فهو مصدر الطاقة لـ:

١- بناء المواد الغذائية مثل السكريات العديدة من أحادية وتحويل الأحماض الأمينية إلى بروتين وتضاعف DNA.

٢- للحركة وانقباض العضلات وانقسام الخلية. ٣- النقل النشط. ٤- تسريع العمليات الكيميائية.

التفاعلات غير الضوئية (دورة كالفن):

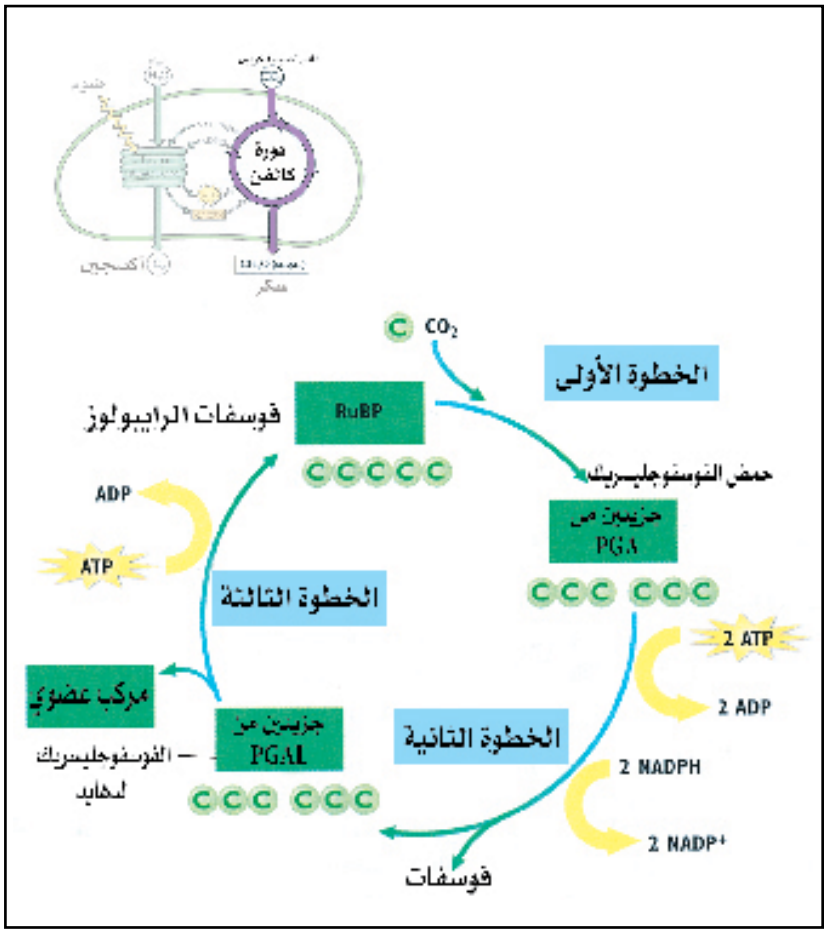
في التفاعلات الضوئية السابقة تم تكوين مركب ATP ومركب NADPH الغنيين بالطاقة لكن هذين المركبين غير مستقرين (بضع دقائق)، وفي التفاعلات التي لا تتطلب وجود ضوء أو ما يعرف بدورة كالفن نسبة إلى العالم الأمريكي (Melrin Clavin) يستفيد النبات من هذه الطاقة في هذين المركبين ATP وNADPH لتكوين مركب عالي الطاقة (السكر مثلاً) يمكن الاحتفاظ به لفترة طويلة وتحدث هذه التفاعلات في حشوة (الستروما) البلاستيدات الخضراء .

والهدف من التفاعلات غير الضوئية هو تثبيت ثاني أكسيد الكربون وتكون الجلوكوز.

وتمر التفاعلات غير الضوئية بالخطوات التالية:

الخطوة الأولى (تثبيت ثاني أكسيد الكربون):

ينتشر ثاني أكسيد الكربون إلى الستروما حيث يتم اتحاد جزيئات ثاني أكسيد الكربون مع مركب خماسي ذرات الكربون يسمى فوسفات الرايبولوز Ribulose Phosphate لينتج مركب سداسي ذرات الكربون غير ثابت يتفكك في الحال إلى زوج من جزيئات ثلاثية الكربون تعرف بحمض الفوسفوجلسيريك (PGA) phosphoglyceric.



خطوات التفاعلات غير الضوئية (دورة كالفن)

الخطوة الثانية:

يتحول حمض الفوسفوجليسريك إلى مركب آخر ثلاثي ذرات الكربون يسمى فوسفو جليسرالدهايد phosphoglyceraldhyd (PGAL) وبجانب تكوين (PGAL) تنتج مركبات $NADP^+$ وADP وفوسفات يمكن استعمالها مرة أخرى في التفاعلات الضوئية لتكوين مركبات ATP و NADPH.

الخطوة الثالثة:

يتم تحويل أغلب المركب (PGAL) إلى فوسفات الرايبولوز في خطوات معقدة وأجزاء أخرى تستخدم لصنع مركبات عضوية مثل السكريات الأحادية وعديدة التسكر والأحماض الأمينية والدهون .

يتضح لنا مما تقدم أن عملية البناء الضوئي ظاهرة بيولوجية هامة تؤثر في حياة جميع المخلوقات الحية. فبالإضافة إلى المواد الغذائية التي يصنعها النبات ويستعملها أفراد المملكة الحيوانية، فإن هذه العملية تكون المصدر الرئيسي للأكسجين الذي يعتبر العامل الرئيسي في الحياة على سطح الكرة الأرضية، لأنه إذا لم يتم تعويض الأكسجين الذي تستعمله المخلوقات الحية في عملية التنفس، فإن كميته ستقل تدريجياً وينتج من ذلك مضاعفات ضارة بالمخلوقات الحية . والتعويض كما ذكرنا يتم بواسطة عملية البناء الضوئي.

وتجدر الإشارة إلى أن نواتج البناء الضوئي المباشرة (الكربوهيدرات أحادية التسكّر) تستعمل في تصنيع مركبات عضوية أخرى تدخل في تكوين الأحماض النووية، والدهنيات، والبروتينات، والهرمونات، وغيرها ولا تخفى علينا بالطبع أهمية هذه المركبات في استمرارية الحياة .

تـأمـل

إن عملية البناء الضوئي مثيرة حقاً، لأنه بوجود كمية ضئيلة من التربة والماء والضوء، تستطيع بذرة صغيرة أن تكون نبتة كبيرة، وقد تصل عشرات الأمتار طولاً .

الأحياء في حياتنا

عملية البناء الضوئي والاحتباس الحراري العالمي:

مع بداية الثورة الصناعية حوالي ١٨٥٠م بدأ تركيز ثاني أكسيد الكربون يزداد في الجو، هذه الزيادة تنتج غالباً من حرق الوقود الأحفوري الذي يطلق غاز ثاني أكسيد الكربون كناتج ثانوي عند احتراقه، وقد نتوقع أن تستفيد النباتات من زيادة Co_2 في الجو ولكن الحقيقة عكس ذلك فزيادته تسبب الأذى للمخلوقات التي تعتمد على عملية البناء الضوئي أكثر من أن تفيدها.

فغاز ثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى تعمل على حجب بعضاً من حرارة الأرض مما يتسبب في رفع درجة حرارة الأرض الذي يؤدي إلى قلة الأمطار ويزيد رقعة الصحراء التي تكون غير ملائمة لكثير من النباتات.

أيضاً تسبب زيادة ثاني أكسيد الكربون في الجو تفاعله مع الماء مكوناً أمطار حمضية تهلك النباتات.

أنماط الهضم:

تختلف المخلوقات الحية فيما بينها في طريقة هضم المواد الغذائية،وتتراوح درجة الاختلاف من حيث وجود جهاز خاص بالهضم وآلية الهضم وأنواع الأنزيمات الهاضمة للغذاء،وذلك حسب درجة تعقيد المخلوق الحي، ولكن يظل مبدأ الهضم واحد في جميع المخلوقات الحية، وهو تحويل جزيئات الغذاء المعقدة والكبيرة إلى جزيئات أصغر تستطيع النفاذ عبر الأغشية الخلوية شبة المنفذة .

وتبعاً لنوع المخلوق الحي، نلاحظ نوعين متميزين من الهضم هما :

١) **هضم داخل الخلايا .**

٢) **هضم خارج الخلايا .**

الهضم داخل الخلايا Intracellular Digestion :

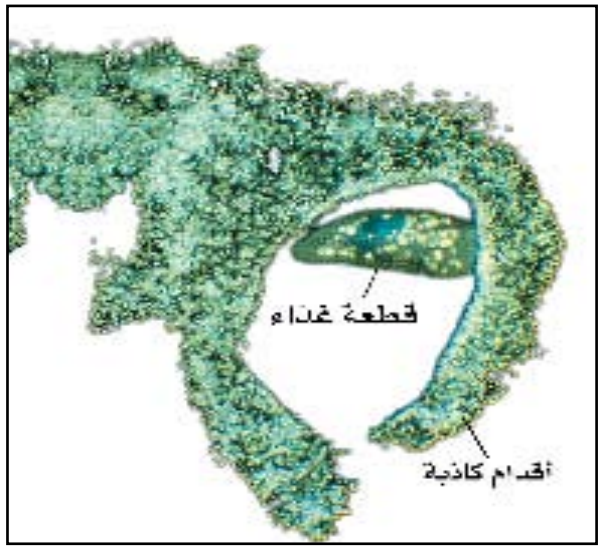
يحدث هذا النوع من الهضم في بعض المخلوقات الحية وحيدة الخلية مثل الأميبا والبراميسيوم وبعض الحيوانات اللافقارية مثل الإسفنج وجزئياً في الهيدرا .

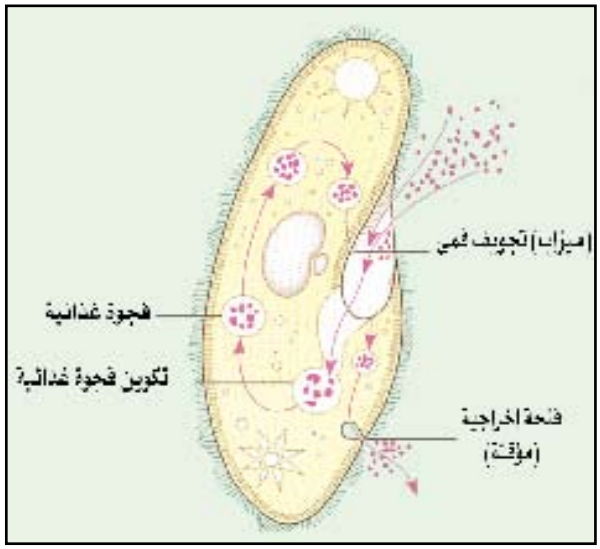
فالأميبا مثلاً تحصل على غذائها مباشرة من البيئة المحيطة بها، حيث تحيط بأقدامها الكاذبة قطعة الغذاء وتدفعها إلى داخل جسمها، ثم تغلفها بغشاء سيتوبلازمي مكونة ما يسمى بالفجوة الغذائية (Food Vacuole)، ثم تفرز الأميبا من السيتوبلازم إنزيمات هاضمة تهضم الغذاء وتحلله، وبعد ذلك يتوزع الغذاء المهضوم بالانتشار على جميع أجزاء الخلية.

أما البراميسيوم عندما يقترب من منطقة يتوفر فيها الغذاء، تنشط أهداب الميزاب الفمي فيه وتعمل على دفع الغذاء داخل الميزاب الفمي، ثم يدخل الغذاء من خلال البلعوم مع قطرة ماء ليكون فجوة غذائية حيث تفرز أنزيمات هاضمة، ثم تدور الفجوة الغذائية داخل السيتوبلازم ليتم الهضم فيها، وبعد الانتهاء من الهضم تمتص المواد المهضومة، أما الفضلات تخرج عن طريق فتحة مؤقتة.

فكّر

ما التراكيب الخلوية المسؤولة عن إفراز الأنزيمات الهاضمة للغذاء في الخلية ؟





فكّر

كيف تقوم خلايا الدم البيضاء في جسم الإنسان بابتلاع البكتيريا المرضية ؟

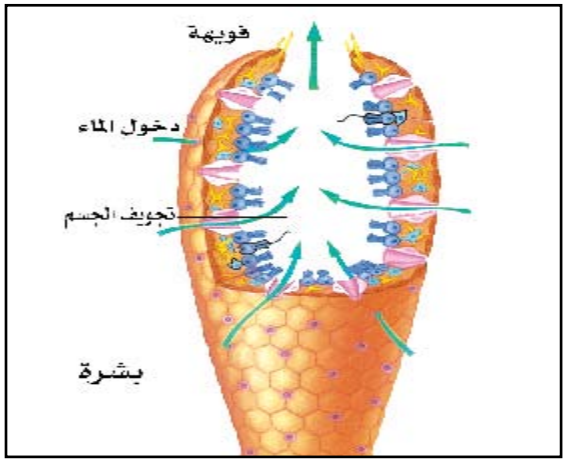
نشاط عملي

افحص بعض قطرات من مياه البرك أو المستنقعات باستخدام المجهر المركب، وحاول مشاهدة الأميبا والبراميسيوم، وعند عدم توفر المياه افحص شرائح جاهزة للأميبا والبراميسيوم ، ولاحظ تركيب الفجوات الغذائية، وارسم ما تشاهده.

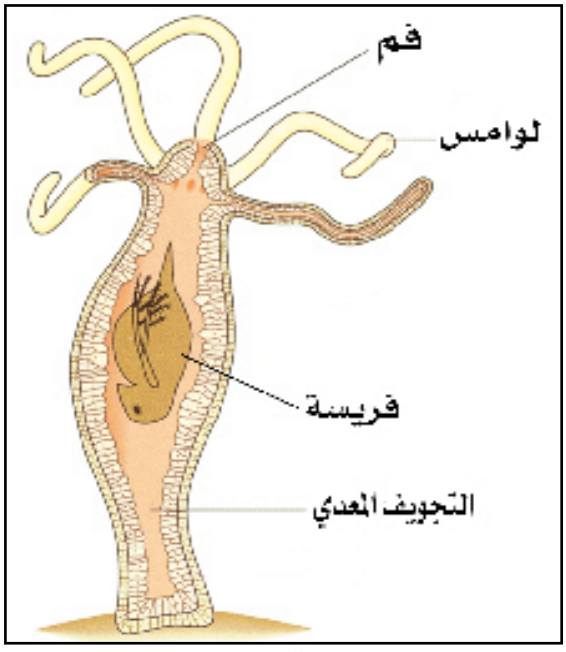
وفي بعض الحيوانات مثل الإسفنج والهيدرا تقوم الخلايا المبطنة للتجاويف الداخلية فيها بابتلاع الغذاء وهضمه حيث يقوم حيوان الإسفنج بهضم الغذاء داخل الخلايا،حيث يدخل الغذاء مع تيار الماء عن طريق الثقوب العديدة في جسم الإسفنج، و يتم هضم الغذاء داخل الخلايا المبطنة للتجاويف الداخلية في فجوات غذائية، ثم ينتشر الغذاء المهضوم إلى خلايا الجسم، أما الفضلات فيتم التخلص منها عن طريق الانتشار

البسيط لتخرج مع تيار الماء من خلال فتحة واحدة واسعة تسمى الفويهة .

أما الهيدرا فتقتنص غذاءها بواسطة لوامس محيطة بالفم لدفعه إلى داخل تجويف الجسم ليبدأ هضم الغذاء جزئياً خارج الخلايا، حيث تفرز خلايا خاصة تسمى بالخلايا الغدية تبطن التجويف، أنزيمات هاضمة تعمل على هذا الغذاء فتهضمه، ثم ينتشر الغذاء المهضوم إلى خلايا الجسم جميعها، ثم يحدث هضم الغذاء داخل الخلايا، أما المواد التي لم تهضم (الفضلات) فتخرج من فتحة الفم أيضاً إلى الخارج.



التغذية في الإسفنج



التغذية في الهيدرا

نشاط عملي

افحص شريحة جاهزة للهيدرا ، ولاحظ تركيب الجسم فيه .

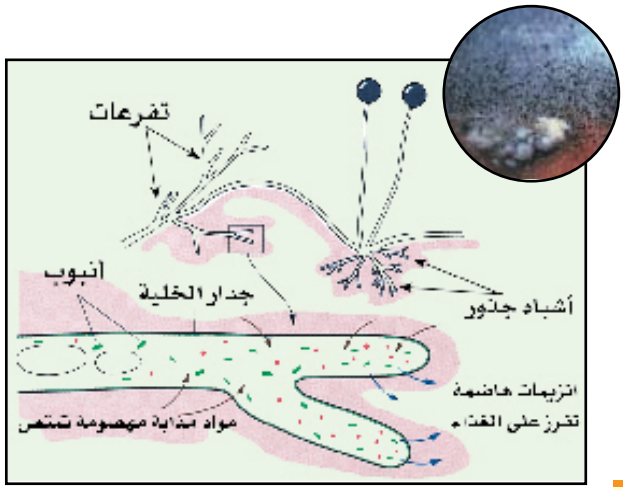
الهضم خارج الخلايا Extracellular Digestion

يحدث هذا النوع من الهضم في الحيوانات الفقارية وبعض اللافقاريات مثل الهيدرا ودودة الأرض، والفطريات مثل فطر عفن الخبز .

وسندرس فيما يأتي بعض الأمثلة لعملية الهضم خارج الخلايا:

١الهضم في الفطريات:

يحدث الهضم في الفطريات خارج الخلايا، فمثلاً في فطر عفن الخبز Phizopus يفرز الفطر أنزيمات هاضمة تنتشر خارج خلايا الفطر وتصل للغذاء وتهضمه، وبعد ذلك تقوم خلايا الفطر (أشباه الجذور) بامتصاص نواتج الغذاء المهضوم.



الهضم في فطر عفن الخبز

نشاط عملي

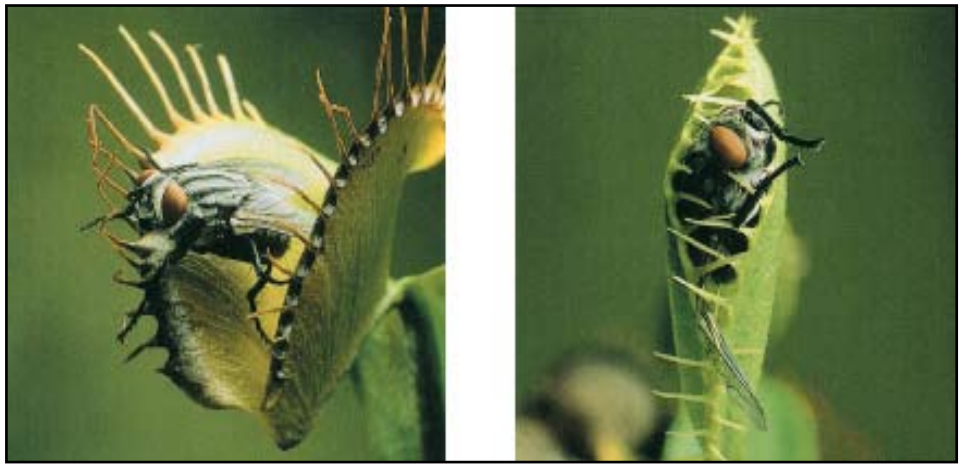
افحص عينات من فطر عفن الخبز النامية على الخبز، ولاحظ مدى تأثيرها على قطعة الخبز ويمكن الاستعانة بشريحة جاهزة للفطر للمقارنة.

فكّر

كيف تستفيد التربة من بعض الفطريات التي تفرز أنزيمات هاضمة ؟

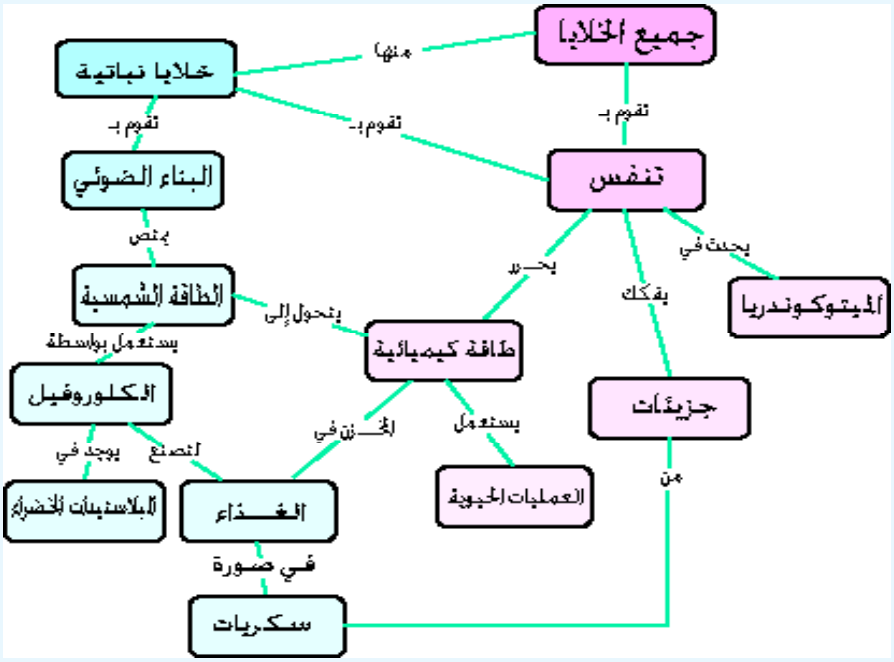
الهضم في النباتات :

لا تملك النباتات الخضراء أعضاء خاصة بالهضم، لأنها تصنع غذاءها من المواد الأولية التي تحصل عليها من البيئة المحيطة بها بواسطة عملية البناء الضوئي . ويتم توزيع الغذاء المصنع بواسطة نسيج اللحاء، أو بالانتشار من خلية إلى أخرى. و هناك نباتات خضراء ذاتية التغذية تقوم بعملية البناء الضوئي، لكنها تعيش في تربة رملية تفتقر إلى عنصر النيتروجين . لذلك تعتمد للحصول على ما تحتاجه من عنصر النيتروجين باصطياد الحشرات بأوراقها. وتسمى هذه النباتات آكلة الحشرات (Insectivorous) ومن أمثلتها نبات الدروسيرا (Fly Trap).



نبات الدروسيرا

خريطة المفاهيم عن الطاقة الخلوية (البناء الضوئي والتنفس) (للاطلاع)

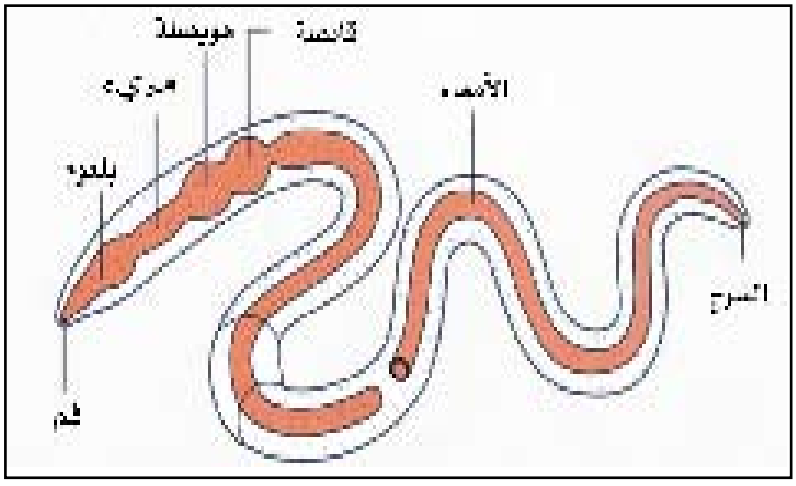


الهضم في الحيوانات

الهضم في دودة الأرض :

يحدث الهضم في دودة الأرض خارج الخلايا، حيث تمتلك دودة الأرض جهازاً هضمياً ذا فتحتين : فتحة لدخول الغذاء تسمى الفم، وفتحة لخروج الفضلات تسمى الشرج .

ويتم طحن الغذاء بمساعدة بعض الحصى في القانصة، ثم تفرز

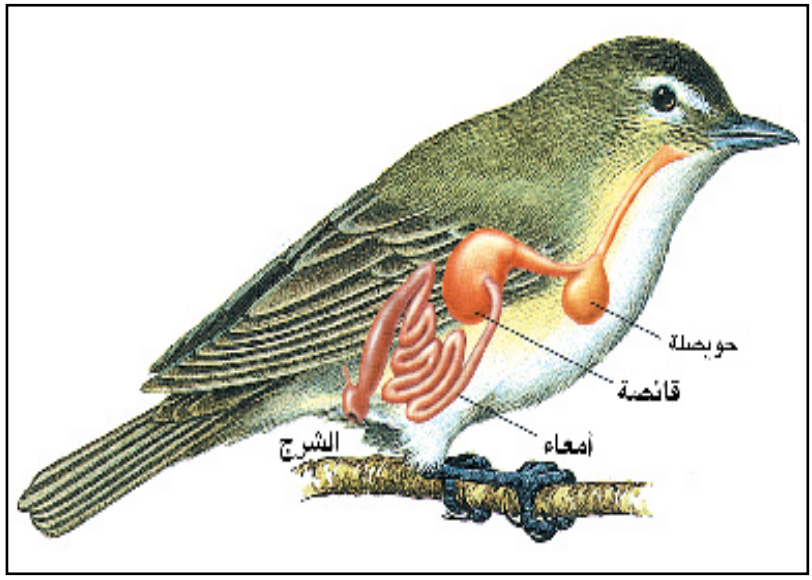


الجهاز الهضمي في دودة الأرض

الأنزيمات الهاضمة من الخلايا المبطنة للأمعاء ، حيث يتم هضم الغذاء الذي يُمتص بواسطة الخلايا المبطنة للأمعاء، أما الفضلات فتخرج من فتحة الشرج.

◊الهضم في الطيور :

يحدث الهضم في الطيور خارج الخلايا،حيث تمتلك جهازا هضميا كاملاً مزوداً بغدد هاضمة ملحقة بالجهاز الهضمي تفرز الأنزيمات مثل البنكرياس والكبد، ويتم طحن الغذاء في القانصة بمساعدة بعض الحصى الذي يبتلعه الطائر مع غذائه،ثم يهضم بمساعدة الأنزيمات الهاضمة وينتشر إلى جميع أجزاء الجسم أما الفضلات فتخرج من الفتحة الشرجية.



الجهاز الهضمي في الطيور

نشاط عملي

بمساعدة معلمك قم بتشريح الحمامة ، ولاحظ أجزاء الجهاز الهضمي فيها .

الهضم في الإنسان :

لو تناولت قطعة من الخبز وبدأت تمضغها في فمك، لسال لعابك عليها، ثم تبدأ بالذوبان تدريجياً، ولو مضغتها أكثر فأكثر لأحسست بحلاوة طعم الخبز في فمك .

إن قطعة الخبز مكونة من مواد كربوهيدراتية أو نشوية، واللعاب يحتوي على أنزيم يهضم المواد النشوية المطبوخة، ويحولها إلى سكريات بسيطة مثل المالتوز والجلوكوز .

يمتلك الإنسان جهازاً هضمياً كاملاً سبق دراسته. ويكون الهضم فيه داخل القناة الهضمية أي أنه هضم خارج الخلايا .

فكيف يتم هضم المواد الغذائية المختلفة داخل جسمك ؟

◊هضم المواد الغذائية

الهضم (Digestion) عبارة عن مجموعة من العمليات الكيميائية والحركية (الميكانيكية) يتم فيها تكسير الجزيئات الغذائية (العضوية) الكبيرة المعقدة إلى جزيئات صغيرة يمكن امتصاصها في الأمعاء الدقيقة.

وتحدث عملية الهضم عن طريق ما يسمى بالتميؤ الأنزيمي (التحلل المائي) (Enzymatic Hydrolysis) وهي العملية التي يحدث فيها انشطار للجزي ء العضوي الكبير إلى جزيئات أصغر بعد إضافة الماء . ومما يساعد في سرعة هذه العملية الأنزيمات الهاضمة الموجودة داخل جسم المخلوق الحي.

◊ الأنزيمات Enzymes :

عبارة عن مواد بروتينية تنتجها أعضاء أو أنسجة خاصة في جسم الإنسان، حيث تقوم هذه الأنزيمات بإتمام العمليات الحيوية أو إسراع عملية التفاعل ولا تصبح جزءاً من نواتج التفاعل . وتصنف إلى:

١) أنزيمات هاضمة للكربوهيدرات.

٢) أنزيمات هاضمة للبروتينات.

٣) أنزيمات هاضمة للدهون (اللبيدات).

تعتمد عملية الهضم على تكسير الروابط بين جزيئات الغذاء الكبيرة بواسطة أنزيمات التحلل المائي وإضافة جزيء الماء لكل وحدتين منفصلتين، بغية تزويد إحدى الوحدتين بأيون الهيدروجين H^+، والوحدة الأخرى بأيون الهيدروكسيل OH^-، فتتكون بذلك جزيئات عضوية بسيطة تكون في مجموعها الجزيء العضوي المعقد.

إن عملية الهضم (التميؤ) هي عكس عملية التكتل (البلمرة) (Polymerisation) التي تتكون بواسطتها الجزيئات الكبيرة المعقدة من جزيئات بسيطة.

ويجب أن نعلم أن عدد جزيئات الماء اللازمة لهضم جزيء عضوي معقد تساوي عدد الجزيئات الأساسية التي تكون الجزيء العضوي المعقد مطروحاً منها واحد.

يحتوي غذاء الإنسان على أنواع مختلفة من المواد الغذائية بعضها بحاجة لهضم مثل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون، ومواد غذائية لا تحتاج إلى هضم وإنما يستطيع الجسم امتصاصها، مثل الماء والأملاح المعدنية والفيتامينات والسكاكر الأحادية.

إضـــاءة

تتميز الأنزيمات بخصائص منها:

١- كل إنزيم يختص بتفاعل معين.

٢- لكل إنزيم درجة حرارة مناسبة تسمح له بإجراء التفاعل.

٣- لكل إنزيم رقم هيدروجيني (PH) معين تجري عنده التفاعلات.

وسندرس فيما يلي عملية الهضم للمواد الغذائية:

هضم المواد الكربوهيدراتية :

يأخذ الجسم المواد الكربوهيدراتية على شكل نشاء أو سكاكر معقدة، وتتكون من عدد كبير من جزيئات السكر البسيطة . ومن أمثلة الكربوهيدرات التي تكون بحاجة لهضم، ما يأتي :

١) **المواد الكربوهيدراتية عديدة التسكر** polysaccharides :

ومن أمثلتها النشا و السليلوز في النبات، والجلايكوجين في الحيوان . وتتكون هذه السكريات من عدد من جزيئات سكر الجلوكوز بعد فقدان جزيئات الماء . فالنشا يتكون من ارتباط حوالي (٣٠٠ - ١٠٠٠) جزيء من الجلوكوز، و السليلوز من حوالي ٢٠٠٠ جزيء من الجلوكوز، والجلايكوجين من عدة مئات من جزيئات الجلوكوز.

والصيغة الكيميائية للكربوهيدرات عديدة التسكر هي : $(C_6H_{10}O_5)_n$ حيث تمثل n عدد جزيئات السكر الأحادي، ولتحلل روابط الجلوكوز هذه لابد من إضافة الماء .

٢) **المواد الكربوهيدراتية ثنائية التسكر** Disaccharides:

ومن أمثلتها السكروز (سكر القصب) الذي يتكون من ارتباط جزيء جلوكوز مع جزيء فركتوز بعد فقدان جزيء ماء، وسكر المالتوز (سكر الشعير) الذي يتكون من ارتباط جزيئين من الجلوكوز بعد فقدان جزيء ماء، وسكر اللاكتوز (سكر الحليب) الذي يتكون من ارتباط جزيء جلوكوز مع جزيء جالكتوز بعد فقدان جزيء ماء.

والناتج النهائي لهضم المواد الكربوهيدراتية داخل جسم الإنسان هو سكريات أحادية بسيطة مثل سكر الجلوكوز والفركتوز والجالكتوز . وتحدث عملية الهضم بواسطة أنزيمات خاصة بعد إضافة الماء.

إضـــاءة

اتفق العلماء على أن أسماء السكريات تنتهي عادة بـ (ose) مثل: سكر المالتوز Maltose وسكر السكروز Sucrose وسكر اللاكتوز Lactose.

أما الأنزيمات الهاضمة للسكريات تنتهي عادة بـ (ase) مثل أنزيم المالتيز Maltase وأنزيم السكريز Sucrase وأنزيم الأميليز Amylase.

الأنزيمات الهاضمة للكربوهيدرات:

يتم هضم الكربوهيدرات في منطقتين من الجهاز الهضمي هما الفم والأمعاء الدقيقة حيث يبدأ هضم الكربوهيدرات في الفم بفعل أنزيم أميليز اللعاب (Salivary Amylase) ويسمى أيضاً أنزيم التيالين (Ptyalin)، ويفرز هذا الأنزيم مع اللعاب في الفم، ووظيفته هضم المواد الكربوهيدراتية عديدة التسكر مثل النشا المطبوخ وتحويلها إلى سكر المالتوز ثم إلى سكر الجلوكوز . ولا يعمل هذا الأنزيم إلا في وسط قاعدي، لذلك يتوقف عمله بعدما تصل لقمة الطعام إلى المعدة بفترة قصيرة، حيث تفرز المعدة حمض الكلور الذي يحول الوسط فيها من قاعدي إلى حامضي ، وعندما تصل المواد السكرية إلى الأمعاء الدقيقة تستكمل عملية الهضم حيث تصب عصارة البنكرياس المحتوية على أنزيم أميليز البنكرياس (Pancreatic Amylase) ويسمى أيضا أنزيم الأميلوبسين (Amylopsin)،ويحول هذا الأنزيم ما تبقى من النشا الذي لم يهضم في الفم إلى سكر المالتوز ولا يعمل هذا الأنزيم إلا في وسط قلوي خفيف (حيث تفرز الصفراء التي تعمل على تحويل الوسط الحمضي إلى قلوي)، كما توجد في الأمعاء الدقيقة أنزيمات السكريز (Sucrase) والمالتيز (Maltase) واللاكتيز (Lactase)، وتفرز هذه الأنزيمات من جدار الأمعاء الدقيقة ولا تعمل إلا في وسط قاعدي، وتقوم هذه الأنزيمات بهضم سكر المالتوز والسكروز واللاكتوز وتحولها إلى سكريات أحادية مثل الجلوكوز والفركتوز والجالكتوز التي يسهل امتصاصها في خملات الأمعاء الدقيقة .

اسم الأنزيم	العضو المفرز	مكان عمله	المواد التي يؤثر عليها	الوسط الذي يعمل فيه	ناتج الهضم
أميليز اللعاب	الغدد اللعابية	الفم	النشا المطبوخ	قاعدي	المالتوز
أميليز البنكرياس	البنكرياس	الإثنى عشر	ما تبقى من النشا المطبوخ	قاعدي	المالتوز
أنزيم السكريز	الأمعاء	الأمعاء الدقيقة	السكروز	قاعدي	جلوكوز أو فركتوز
أنزيم المالتيز	الأمعاء	الأمعاء الدقيقة	المالتوز	قاعدي	جلوكوز

إضـــاءة

من الإنزيمات الهاضمة للكربوهيدرات أنزيم السليوليز (Cellulase) ، وتفرزه بعض أنواع البكتيريا الموجودة في أمعاء الحيوانات المجترة مثل الماعز والخراف ، يهضم هذا الأنزيم المواد السليولوزية في الأعشاب ويحولها إلى سكر الجلوكوز القابل للامتصاص في الأمعاء الدقيقة.

نشاط عملي

هضم النشا

الأدوات والمواد اللازمة :

أنابيب اختبار، ماء،كمية من اللعاب، قماش مثقب، كأس زجاجية صغيرة، محلول نشا مخفف، محلول لوغول، حمام مائي،صفيحة خزفية ذات ست حجرات .

طريقة العمل :

١) اجمع حوالي ربع أنبوب اختبار من اللعاب ، وأضف إليه كمية مساوية من الماء ، وامزج الخليط جيداً برج أنبوب الاختبار .

٢) رشح المزيج باستعمال طبقتين من القماش المثقب (شاش) في كاس زجاجية صغيرة .

٣) خذ ٦ مللترات من محلول أنزيم اللعاب ، وأضف أليها ٣٠ مللترا من محلول النشا المخفف .

٤) ضع في كل حجرة من الحجرات الست الأولى من حجر الصفيحة الخزفية بضع قطرات من محلول لوغول.

٥) ضع بضع قطرات من محلول أنزيم اللعاب والنشا على محلول لوغول في الحجرة الأولى (حافظ على درجة حرارة محلول إنزيم اللعاب والنشا بحيث تكون ٣٧ م وذلك باستخدام حمام مائي) .

٦) بعد خمس دقائق ضع بضع قطرات من محلول أنزيم اللعاب والنشا على محلول لوغول في الحجرة الثانية، وهكذا كرر العمل نفسه مع باقي الحجرات كل خمس دقائق .

- صف ما تلاحظه من تغير في اللون في كل حجرة من الحجرات الست.
- ماذا تستنتج من هذه التجربة ؟

هضم المواد البروتينية :

تتكون المواد البروتينية من ارتباط جزيئات بسيطة تسمى الأحماض الأمينية ، ترتبط مع بعضها البعض بواسطة روابط ببتيدية مكونة سلاسل طويلة ، ويتم هضم البروتينات أو تحويلها إلى أحماض أمينية بواسطة أنزيمات خاصة بعد إضافة الماء . ويكون الناتج النهائي لهضم المواد البروتينية أحماض أمينية .

الأنزيمات الهاضمة للمواد البروتينية :

يتم هضم البروتينات في المعدة والأمعاء الدقيقة ، ففي المعدة يوجد أنزيم الببسين (Pepsin) ، (الذي يفرز مع العصارة المعدية من بعض خلايا المعدة)، ويعمل في وسط حمضي بوجود حمض الكلور المفرز من جدار المعدة أيضاً. ويهضم هذا الأنزيم البروتينات المعقدة ويحولها إلى مواد بسيطة تسمى عديدة الببتيد وفي الأمعاء الدقيقة يوجد أنزيم التربسين (Trypsin) المفرز مع العصارة البنكرياسية التي تصب في الأثني عشر ، ويعمل هذا الأنزيم في وسط قاعدي ، ويقوم هذا الأنزيم بهضم البروتينات التي لم تهضم في المعدة ، ويحولها إلى مواد عديدة الببتيد ، ثم إلى أحماض أمينية ، كما توجد في الأمعاء الدقيقة أنزيمات هاضمة للبروتينات (Proteases) تفرز مع العصارة المعوية من جدار الأمعاء الدقيقة ، وتقوم هذه الأنزيمات بهضم ما تبقى من البروتينات وتحولها نهائياً إلى أحماض أمينية .

اسم الأنزيم	العضو المفرز	مكان عمله	المواد التي يؤثر عليها	الوسط الذي يعمل فيه	ناتج الهضم
أنزيم الببسين	المعدة	المعدة	البروتين	حمضي	عديد الببتيد
أنزيم الرينين	المعدة	معدة الأطفال	البروتين (الحليب)	متعادل	أحماض أمينية
أنزيم التربسين	البنكرياس	الإثنى عشر	ما تبقى من البروتين	قاعدي	عديد الببتيد ثم أحماض أمينية
أنزيمات من الأمعاء	جدار الأمعاء الدقيقة	الأمعاء الدقيقة	ما تبقى من البروتينات	قاعدي	أحماض أمينية

معلومات إثرائية

حمض الكلور HCL

يفرز حمض الكلور من خلايا خاصة في جدار المعدة ،ويتم إفرازه نتيجة للاستجابة لمؤثرات عصبية وهرمونية ، تبدأ هذه التأثيرات بعمليات التذوق أو رؤية الطعام أو شم رائحة الطعام ، وعندما يلامس الطعام الغشاء المخاطي المبطن للجزء الفؤادي من المعدة يفرز هرمون الجاسترين من هذا الغشاء ، ويقوم هذا الهرمون بتنبيه خلايا جدار المعدة لإفراز العصارة المعدية ومن ضمنها حمض الكلور .

ويقوم بعدد من الوظائف منها :

١) يوفر الوسط الحمضي الملائم لعمل أنزيم الببسين الهاضم للمواد البروتينية .

٢) يساعد على التحلل المائي الجزئي لبعض السكريات .

٣) يقتل معظم البكتيريا التي تدخل مع الطعام .

الأحياء في حياتنا

إنزيم الرينين:

هناك أنزيم هاضم للمواد البروتينية هو أنزيم الرينين (Rennin) ويسمى أيضاً الأنزيم المجبن للحليب، ويفرز من خلايا جدار معدة الأطفال والكبار ويوجد في معدة الحيوانات المجترة من الثدييات، ولا يعمل هذا الأنزيم إلا في وسط متعادل، ويتوفر هذا الوسط المتعادل في معدة الأطفال. ويعتبر المسؤول عن عملية تخثر اللبن، حيث تقلل هذه العملية من معدل سريانه خلال المعدة ، حتى تتمكن أنزيمات المعدة من هضمه وقد أمكن استخلاص أنزيم الرنين من معدة الخراف ليستخدم في صناعة الجبن.

نشاط عملي

هضم البروتين

الأدوات والمواد اللازمة :

مخبار مدرج ، أنابيب اختبار ، بياض البيض ، محلول الببسين تركيزه ٠,٥ ٪، حمض الكلور ١,٠ جزيئي (تركيز ١٠ ٪) ، هيدروكسيد الصوديوم ١,٠ جزيئي (تركيز ١٠ ٪) ، كبريتات النحاس تركيز ١ ٪ .

طريقة العمل :

١) امزج حجماً من بياض البيض مع ثمانية أحجام من الماء وحرك المزيج جيداً ورشحه خلال قطعة قماش في دورق ، واحتفظ بالسائل لاستعماله في التجربة .

٢) خذ كمية قليلة من محلول البيض السابق (حوالي ٢-٣ مللتر) وضعه في أنبوب ، ثم اكشف عن البروتين بطريقة بيوريت ، وذلك بإضافة بضع قطرات من هيدروكسيد الصوديوم تركيز ١٠٪ (حوالي ٢-٣ مللتر) ، وامزج المحلول جيداً ، ثم أضف كبريتات النحاس تركيز ١٠٪، نقطة فنقطة إلى المحلول حتى تشاهد تغيراً في اللون ، لاحظ أنه بعد إضافة كل نقطة من محلول كبريتات النحاس يجب رج الأنبوب جيداً ، فيتغير اللون في هذه الحالة إلى البنفسجي ، ويحدث التغير غالباً من إضافة ٢-٥ نقاط من محلول كبريتات النحاس .

٣) أضف إلى المحلول السابق مقداراً ضئيلاً من أنزيم الببسين مع كمية قليلة من حمض الكلور.

انتظر حوالي نصف ساعة ، ثم اكشف عن البروتين بطريقة بيوريت كما سبق .

هل حدث تغير في اللون ؟ علل ذلك.

هضم المواد الدهنية :

تتكون المواد الدهنية من جزيئات الأحماض الدهنية والجليسرول، ويتم هضم الدهون أو تحللها بواسطة أنزيمات خاصة بعد إضافة الماء . ويكون الناتج النهائي لهضم الدهون هو أحماض دهنية وجليسرول.

الأنزيمات الهاضمة للمواد الدهنية :

يتم هضم الدهون في الأمعاء الدقيقة فقط، وعلى عكس الكربوهيدرات والبروتينات فإن الدهون لا تمتزج بالماء. وتقوم العصارة الصفراوية المفرزة من الكبد بتحويل الدهون المعقدة إلى مستحلب دهني (قطرات من الدهون معلقة)، ثم يقوم أنزيم ليبيز البنكرياس (Lipase) الذي يفرز مع العصارة البنكرياسية في الأثنى عشر بهضم المستحلب الدهني ويحوله إلى أحماض دهنية وجليسرول ، وبالإضافة إلى ذلك تفرز جدر الأمعاء الدقيقة أنزيمات هاضمة للدهون هي ليبيز الأمعاء (Lipases) من خلايا خاصة في جدرانها ،تهضم هذه الأنزيمات ما تبقى من الدهون وتحولها إلى أحماض دهنية وجليسرول.

اسم الأنزيم أو المادة الهاضمة	العضو المفرز	مكان عمله	المواد التي يؤثر عليها	الوسط الذي يعمل فيه	ناتج الهضم
العصارة الصفراوية	الكبد	الإثنى عشر	الدهون	ـــــ	مستحلب دهني
أنزيم ليبيز البنكرياس	البنكرياس	الإثنى عشر	الدهون	قاعدي	أحماض دهنية وجليسرول
أنزيم ليبيز الأمعاء	الأمعاء	الأمعاء الدقيقة	ما تبقى من الدهون	قاعدي	أحماض دهنية وجليسرول

الأحياء في حياتنا

المرارة Bile

تُفرز الكبد الصفراء وتخزن في الحوصلة المرارية (الصفراوية) أسفل الكبد وتتكون الصفراء من أملاح الصفراء وأصباغ الصفراء والكوليسترول والماء، تتكون أملاح الصفراء من أملاح الصوديوم والبوتاسيوم، أما أصباغ الصفراء فهي التي تُعطي الصفراء لونها المميز، وهي عبارة عن صبغتين هما بيليروبين ولونه أحمر وبيليفردين ولونه أخضر. ويجب ملاحظة أن الصفراء في الإنسان لونها أصفر بينما في الحيوانات لونها أخضر ولذلك تُسمى بالعصارة الخضراء. وتتكون أصباغ الصفراء من الهيم الذي يدخل في تركيب الهيموجلوبين، فعند تحطم خلايا الدم الحمراء فإن الهيموجلوبين الموجود بداخلها يتفكك إلى بروتين جلوبين وهيم يحتوي على حديد، فينفصل الحديد الموجود في الهيم ويخزنه الجسم في الكبد أما ما تبقى من الهيم فيتحول إلى أصباغ الصفراء التي تُخرجها الكبد وتُخزنها في الحوصلة المرارية. وعندما يحدث انسداد في القنوات الصفراوية فإن كمية هذه الأصباغ سوف تزداد مما يؤدي زيادتها في الدم وبالتالي تنتقل هذه الأصباغ مع الدم إلى الجلد والعين فتُسبّب للإنسان ما يُعرف باليرقان. وعند زيادة تركيز الأملاح والأصباغ والكوليسترول في الصفراء تتكون حصى المرارة.

ومن أعراضها وجود التهاب حاد ومغص شديد، وعسر هضم، وبراز مخاطي ويتم الكشف عن المرض بواسطة الأشعة ثم تتم المعالجة عن طريق الأدوية المناسبة أو تفتيتها بواسطة الموجات فوق الصوتية.

نشاط عملي

هضم الدهون:

الأدوات والمواد اللازمة :

ثلاثة أنابيب اختبار، حامل أنابيب اختبار، حليب، أملاح صفراوية (أملاح المرارة)، محلول البنكرياتين، ساعة وقف أو ساعة عادية، قلم شمع، محلول أحمر الفينول، حمام مائي،محلول هيدروكسيد الصوديوم (١ , ٠ مولار، تركيز ٠٤ , ٠)، قطارة، سحاحة ، مقياس حرارة مخبري ، ماء مقطر .

طريقة العمل:

١) ضع ثلاثة أنابيب اختبار على الحامل، اعط رقم لكل أنبوب ١،٢،٣ ،ثم اسكب في كل أنبوب خمسة ملليترات من الحليب الطازج ، وأضف إلى كل أنبوب ما يعادل ٨-١٠ نقاط من أحمر الفينول ،ثم رج كل أنبوب حتى تمتزج محتوياته . ما لون السائل الناتج ؟

► إذا لم يكن السائل الناتج قرنفلي اللون (أحمر وردي) أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم NaoH نقطة نقطة إلى كل أنبوب حتى يصبح لون السائل الناتج قرنفلياً .

٢) أضف إلى الأنبوب الأول ٥ ملليترات من الماء المقطر ، وجزءاً ضئيلاً من أملاح المرارة (يعادل ما يحمله الطرف العريض من نكاشة الأسنان).

► ما وظيفة أملاح المرارة؟

٣) أضف إلى الأنبوب الثاني ٥ مليلترات من محلول البنكرياتين (العصارة البنكرياسية) ومقداراً ضئيلاً من أملاح المرارة .

٤) أضف إلى الأنبوب الثالث ٥ مليلترات من محلول البنكرياتين .

٥) رج كل أنبوب حتى تمتزج محتوياته جيداً ، ثم ضع أنابيب الاختبار الثلاثة في حمام مائي تتراوح درجة حرارته ما بين ٣٥ م إلى ٤٠ م ، وراقب تغير الألوان في محتويات الأنابيب.

سجل الوقت اللازم لتغير اللون من القرنفلي إلى الأصفر في أحد هذه الأنابيب .

► إذا لم يكن السائل الناتج قرنفلي اللون (أحمر وردي) أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم NaoH نقطة نقطة إلى كل أنبوب حتى يصبح لون السائل الناتج قرنفلياً .

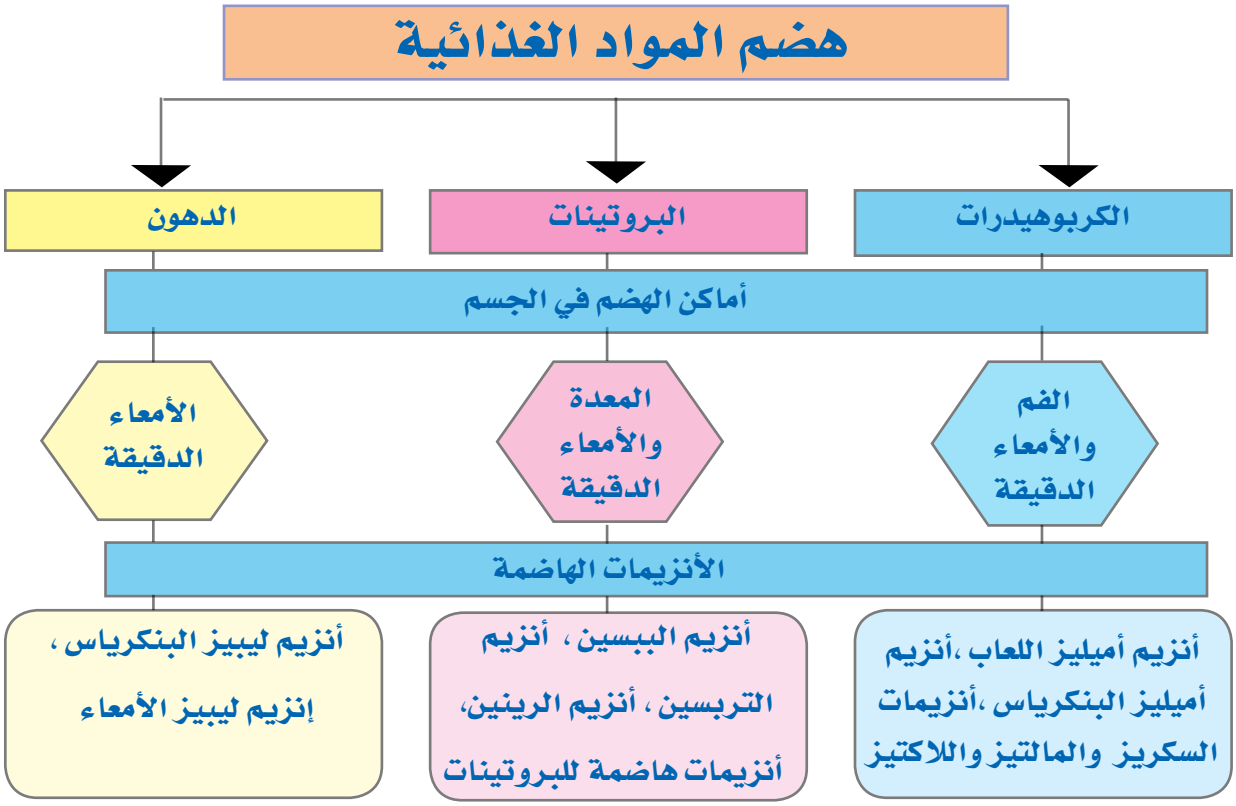
► يشير التغير في اللون إلى وجود حمض دهني، وقد نتج هذا الحمض من هضم الدهن بواسطة العصارة البنكرياسية.

أي من هذه الأنابيب الثلاثة يمكن اعتباره أنبوب مقارنة (أنبوباً ظابطاً) ؟

هل يساعد وجود الأملاح الصفراوية على إسراع التفاعل الأنزيمي ؟ لماذا ؟

هل يحدث هضم الدهن في حالة غياب الأملاح الصفراوية ؟ وضح .

ما المادة الأخرى التي تظهر في الأنبوب الذي حدثت فيه عملية الهضم بالإضافة إلى الحمض الدهني؟



التنظيم العصبي لعملية الهضم:

يتم التنظيم العصبي لعملية الهضم بواسطة الجهاز العصبي المركزي، حيث يقوم الدماغ بدور كبير في عملية التحكم بكمية الغذاء ومواعيد الجوع، وقد أظهرت التجارب العلمية أن دماغ الإنسان يحتوي على مركزين خاصين للتحكم في عملية الحصول على الغذاء. فعند الشعور بالجوع فإن مركز الجوع يثار ويرسل سيالات عصبية تصل إلى أجزاء خاصة في الجسم ليحثها على الأكل . وعند الشعور بالشبع فإن مركز الاكتفاء يثار ليرسل سيالات عصبية تصل إلى أجزاء خاصة بالجسم تحثها على عدم الأكل.

ومن العوامل التي تتحكم في إثارة هذين المركزين في الدماغ نسبة السكر (الجلوكوز) في الدم حيث أن ارتفاع نسبة السكر في الدم يثير مركز الأكتفاء الذي يستجيب لإصدار أوامر تحث الجسم على عدم الأكل، أما عند انخفاض نسبة السكر في الدم فإنه يثير مركز الجوع الذي يصدر أوامر تحث الجسم على الأكل.

امتصاص المواد الغذائية المهضومة:

إن نواتج هضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون المعقدة، هي السكاكر البسيطة مثل سكر الجلوكوز، والأحماض الأمينية، والأحماض الدهنية والجلسرين .

والمواد البسيطة هذه ، الناتجة عن الهضم لها ثلاث مميزات :

١) جزيئات صغيرة تستطيع المرور خلال أغشية الخلايا .

٢) جزيئات يمكن أن تستعملها الخلايا لإنتاج الطاقة .

٣) يمكن أن تستعمل هذه الجزيئات في بناء أنسجة جديدة .

وتتم عملية الامتصاص في اللفائفي في الأمعاء الدقيقة.

تـأمـل

تركيب الأمعاء الدقيقة يناسب وظيفتها في امتصاص المواد الغذائية ، وهناك ثلاثة عوامل رئيسة تجعل الامتصاص يتم في أفضل صورة ؛ ليستفيد الإنسان مما يتم هضمه من مواد غذائية وهي:

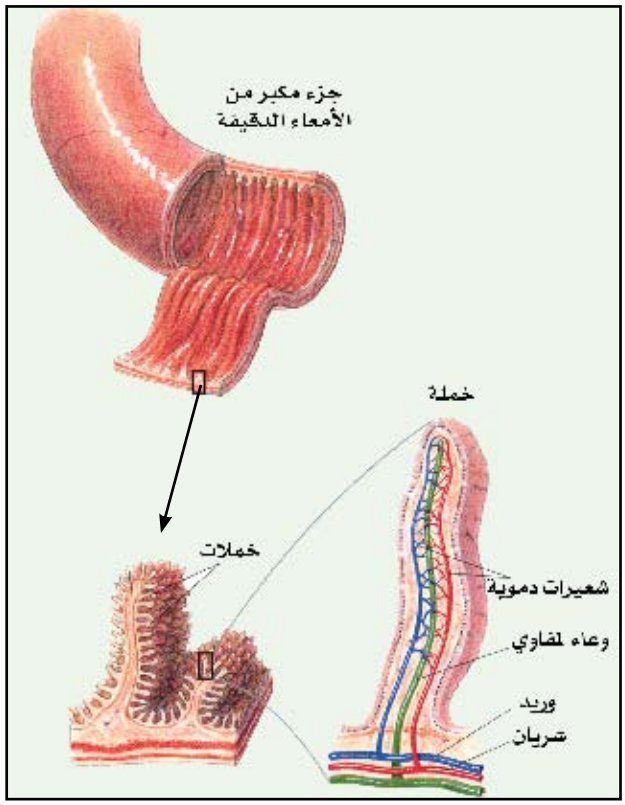
١) مساحة السطح الكبيرة، حتى يتعرض إلى أكبر قدر ممكن من المواد الغذائية المهضومة ، كما هو موجود في طول الأمعاء الدقيقة ووجود الخملات والخميلات .

٢) تروية دموية جيدة ، حيث أن وجود المواد الغذائية في جزء من غشاء الامتصاص أكثر من أي جزء آخر يتطلب أن يكون الامتصاص مستمر وسريع قدر الإمكان ، وعندما يتم امتصاص جزيئات الغذاء في الدم يتم نقلها إلى أماكن تكون جزيئات الغذاء فيها قليلة .

٣) جدار الأمعاء رقيق ، وكلما كان الجدار رقيقاً زادت سرعة الانتشار .

ويتم امتصاص الغذاء المهضوم كما يأتي :

يبطن جدار الأمعاء الدقيقة (اللفائفي) من الداخل زوائد صغيرة تدعى الخملات (Villi)، وتمر الجزيئات الصغيرة خلال الخملات إلى الدم . ويوجد في الملمتر المربع الواحد حوالي ٢٠-٤٠ خملة ، والمساحة الإجمالية لجميع الخملات هي حوالي ٣٠٠م٢ لزيادة سطح الامتصاص وتحتوي كل خملة على شعيرات دموية وأوعية لمفاوية. تمر السكاكر البسيطة والأحماض الأمينية والجلسرين ، والأملاح المعدنية والفيتامينات، في الشعيرات الدموية للخملة .



تركيب الخملة

أما نواتج هضم الدهون مثل الأحماض الدهنية فتمر في الأوعية اللمفاوية للخملة ، وفي النهاية تقوم الأوعية اللمفاوية بطرح الأحماض الدهنية إلى مجرى الدم.

يحمل الدم نواتج هضم المواد الغذائية إلى الخلايا ، وهناك يتم تأكسدها لإنتاج الطاقة ، أو تتحد مع بعضها مكونة المواد اللازمة للنمو ولتعويض الأنسجة التالفة.

أما الغذاء غير المهضوم فيمر من الأمعاء الدقيقة إلى الأمعاء الغليظة بواسطة الحركة الدودية للأمعاء وهناك يمتص جدار الأمعاء الغليظة كمية كبيرة من الماء الموجود بالغذاء غير المهضوم فيصبح أكثر تماسكاً ويسمى البراز (Feces) الذي يطرد من فتحة الشرج في وقت الحاجة لذلك .

نشاط عملي

احصل بمساعدة معلمك على شريحة جاهزة لقطاع عرضي من أمعاء حيوان ثديي ، ولاحظ شكل وتركيب الخملات ومدى ملائمتها مع الوظيفة .

معلومات إثرائية

امتصاص الماء في الأمعاء

يصب يومياً حوالي ٨ لتر من السوائل في الأمعاء نتيجة لعميات الهضم في القناة الهضمية (مثل العصارات الهاضمة التي تفرز وغيرها) هذه الكمية من السوائل مهمة للجسم وإذا فقدها يتضرر ويصاب بالجفاف وقد هيأ الخالق سبحانه وتعالى للأمعاء المقدرة على إعادة هذا الماء حيث يتم امتصاص جزء كبير في الأمعاء الدقيقة وما يتبقى حوالي ١ لتر (١٠٠ سنتيمتر مكعب) يعاد امتصاصها في الأمعاء الغليظة. وتسبب بعض الأمراض إسهال يؤدي إلى الجفاف كما يحدث في حالة مرضى الكوليرا حيث تعيق سموم هذه الأمراض امتصاص الماء في الأمعاء مما يضطر الطبيب إلى وصف علاج الجفاف (مخلوط الجلوكوز والملح المذاب في الماء).

التقويم

السؤال الأول : عرف المصطلحات العلمية الآتية : التميؤ الأنزيمي ، عملية التكتل (البلمرة) .

السؤال الثاني : اختر الإجابة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

١) تصنف الفقاريات حسب التغذية ضمن المخلوقات الحية :

أ) الرمية . ب) الطفيلية . ج) المتناولة للغذاء . د) الذاتية .

٢) تعيش النباتات آكلات الحشرات في تربة فقيرة بعنصر :

أ) الكالسيوم . ب) النيتروجين . ج) الفسفور . د) البوتاسيوم.

٣) أحد المركبات الآتية يصنف ضمن السكريات العديدة ؟

أ) الجلوكوز . ب) السكروز . ج) السليلوز . د) اللاكتوز .

٤) أي العصارات الهاضمة الآتية لا يحتوي على أنزيم ؟

أ) العصارة المعدية. ب) العصارة اللعابية.

ج) العصارة المرارية. د) العصارة البنكرياسية.

٥) أي العوامل الآتية يحتاجها النبات بكميات كبيرة ليزيد من عملية البناء الضوئي في فصل الصيف؟

أ) الأكسجين. ب) الحرارة . ج) ثاني أكسيد الكربون . د) الضوء .

السؤال الثالث : أكمل العبارات الآتية بما يناسبها :

١) يتم الهضم في الأميبا ..... الخلايا .

٢) تتركب البروتينات من وحدات أساسية تسمى .....

٣) الأنزيم الهاضم للمواد الدهنية والمفرز من البنكرياس يسمى .....

٤) الأنزيمات الخاصة بالتفاعلات الضوئية للنبات توجد في .....

السؤال الرابع : كيف تحدث عملية هضم الغذاء في المخلوقات الحية الآتية :

١) فطر عفن الخبز . ٢) الهيدرا . ٣) الطيور .

السؤال الخامس : علل لما يأتي :

١) يتم الهضم في البراميسيوم داخل الخلايا .

٢) يتوقف عمل أنزيم أميليز اللعاب في المعدة .

السؤال السادس : قارن بين: أنزيم أميليز اللعاب وأنزيم الببسين من حيث المكان الذي يفرز فيه والوظيفة ؟

السؤال السابع : انقل الجدول التالي وضع علامة (√) أمام العبارة المناسبة لكل من التفاعلات الضوئية وغير الضوئية في الجدول التالي:

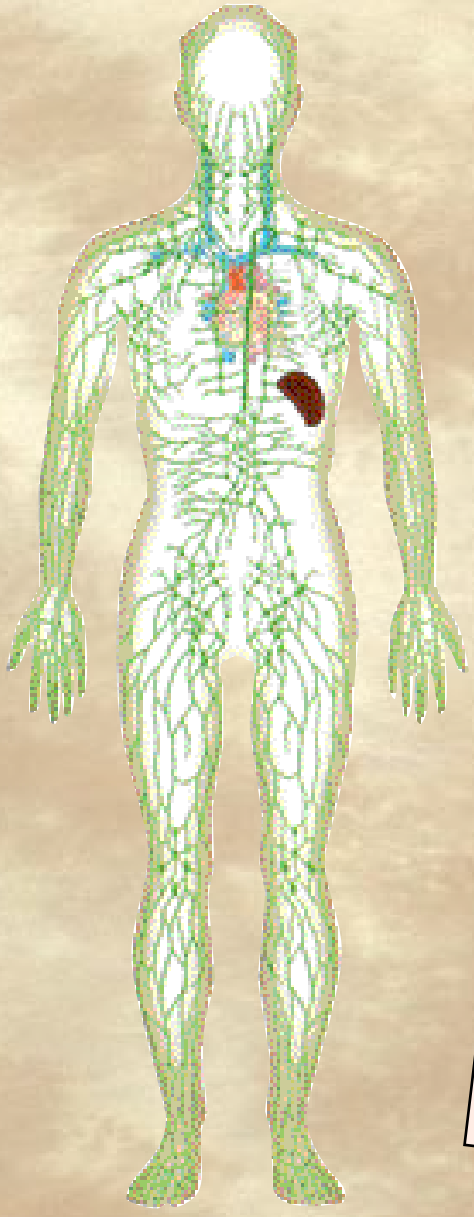
العبارة	التفاعلات الضوئية	التفاعلات غير الضوئية
- يتم إنتاج الأكسجين.		
- يتم تثبيت ثاني أكسيد الكربون.		
- يحدث في الستروما.		
- تستعمل NADPH و H^+		
- ينتج ATP		

السؤال الثامن : ما أهمية البناء الضوئي لكل من :

١) الإنسان . ٢) النبات . ٣) البيئة .

٩

عمليات النقل



الأهـداف

يتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل أن :

١) تصف طريقة نقل الغذاء في المخلوقات الحية وحيدة الخلية.

٢) تقارن بين طريقة امتصاص الماء والأملاح المعدنية في النباتات.

٣) تصف طريقة نقل الغذاء في النباتات.

٤) تفسر بعض الظواهر المرتبطة بنقل المواد المختلفة في النباتات.

٥) تقارن بين الجهاز الدوري المفتوح والجهاز الدوري المغلق في الحيوانات.

٦) تصف طريقة النقل في بعض الحيوانات.

٧) تصف آلية عمل الدورة الدموية في الإنسان.

٨) تتأمل قدرة الله سبحانه وتعالى في خلقه من خلال دراستك لتنوع أجهزة النقل في المخلوقات الحية.

مقدمة

ماذا يحدث بعد أن يتم هضم الطعام داخل جسم المخلوق الحي؟

بعد أن يتم هضم الطعام، لابد من نقل و توزيع المواد الغذائية المهضومة على كل خلية من خلايا جسم المخلوق الحي، للاستفادة منها في إنتاج الطاقة أو بناء خلايا جديدة.

تختلف المخلوقات الحية فيما بينها في طريقة نقل الغذاء ، وذلك حسب درجة تعقيدها ، فالمخلوقات الحية وحيدة الخلية لاتواجهها مشكلة في نقل المواد الغذائية ، وذلك لأن المواد الغذائية المهضومة في هذه المخلوقات تتوزع في سيتوبلازم الخلية عن طريق الانتشار .

لكن ماذا عن المخلوقات الحية عديدة الخلايا معقدة التركيب ؟

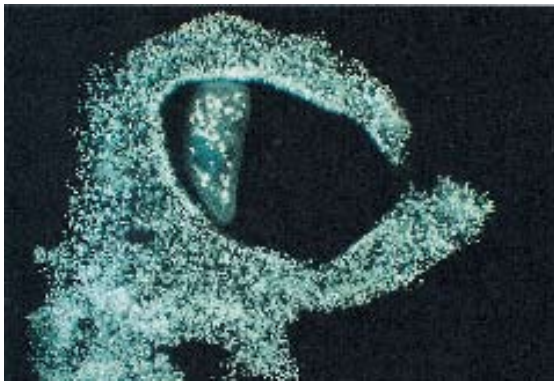
إن هذه المخلوقات الحية لا تستطيع أن تعتمد على خاصية الانتشار في نقل المواد الغذائية إلى ملايين الخلايا في أجسامها، فبالاعتماد على الانتشار وحده في توزيع المواد الغذائية لا تستطيع هذه المخلوقات الحية البقاء حية ، وستموت إن عاجلاً أو آجلاً. ولكي تعيش هذه المخلوقات الحية وهبها الله سبحانه وتعالى جهازاً فعالاً للنقل يمكن الاعتماد عليه في نقل المواد الغذائية والأكسجين إلى كل خلية من خلايا الجسم ، ونقل الفضلات المتكونة في الخلايا بعيداً عنها وهو الجهاز الدوري. فسبحان من أعطى كل شيء خلقه ثم هدى .

وسوف ندرس الآن أنماطاً مختلفة من طرق النقل في بعض المخلوقات الحية .

النقل في البدائيات والطلائعيات :

تعتبر البدائيات والطلائعيات من أبسط المخلوقات الحية تركيباً ، حيث يتكون جسمها من خلية واحدة فقط، ومن أمثلة البدائيات البكتيريا ، والبكتيريا الخضراء المزرقة ، ومن أمثلة الطلائعيات الأميبا والبراميسيوم واليوجلينا وبلازموديوم الملاريا وكذلك الطحالب وحيدة الخلية .

وتكون أجسام هذه المخلوقات الحية معرضة للوسط المحيط بها مباشرة ، ولذلك يأخذ المخلوق الحي هنا الغذاء والأكسجين من هذا الوسط بطريقة الانتشار ، ويقوم بهضم الغذاء ، ثم ينتشر الغذاء المهضوم إلى أجزاء الخلية جميعها.



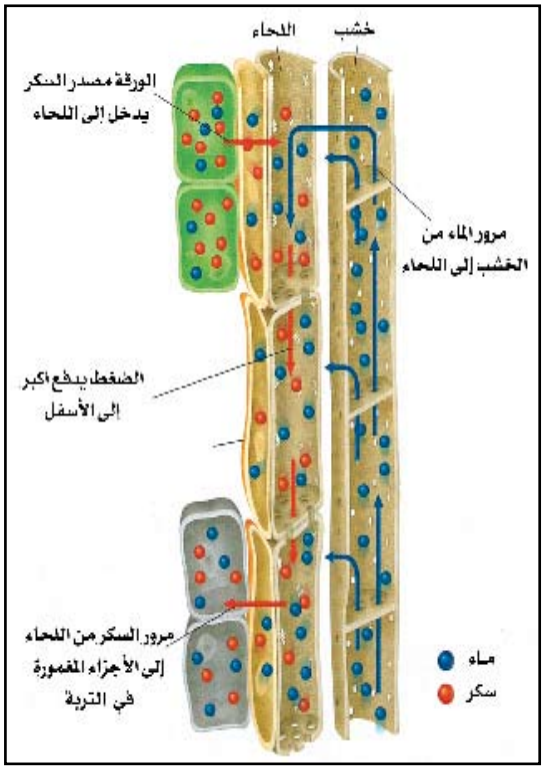
أميبا

براميسيوم

النقل في النباتات الوعائية :

كان يعتقد سابقاً أن التربة تزود النبات بما يحتاج من غذاء لنموه ، لكن العالم البلجيكي هلمورت في القرن السابع عشر ، أجرى تجربة ليثبت أن النبات يحصل على غذائه من التربة ، حيث قام بزراعة بذور بغمسها في وعاء يحوي ٩٠ كيلوجرام من التربة وبعد خمس سنوات نما النبات وأصبح يزن ٦٧,٨ كيلوجرام ، لكن لم ينقص من التربة سوى ٠,٠٦ كيلوجرام، واستنتج هلمورت أن النبات نما من الماء الذي يسقيه كل يوم .

أحجام أجسام النباتات الوعائية كبيرة وتتكون من عدد كبير من الخلايا، وقد هيأ الله سبحانه وتعالى لأجسامها أنسجة تمكنها من عملية النقل، وهي الخشب (Xylem) واللحاء (Phloem)، حيث يكونان هذان النسيجان الجهاز الوعائي في النباتات الوعائية . يقوم نسيج الخشب بنقل الماء



نقل الماء والغذاء عبر الخشب واللحاء

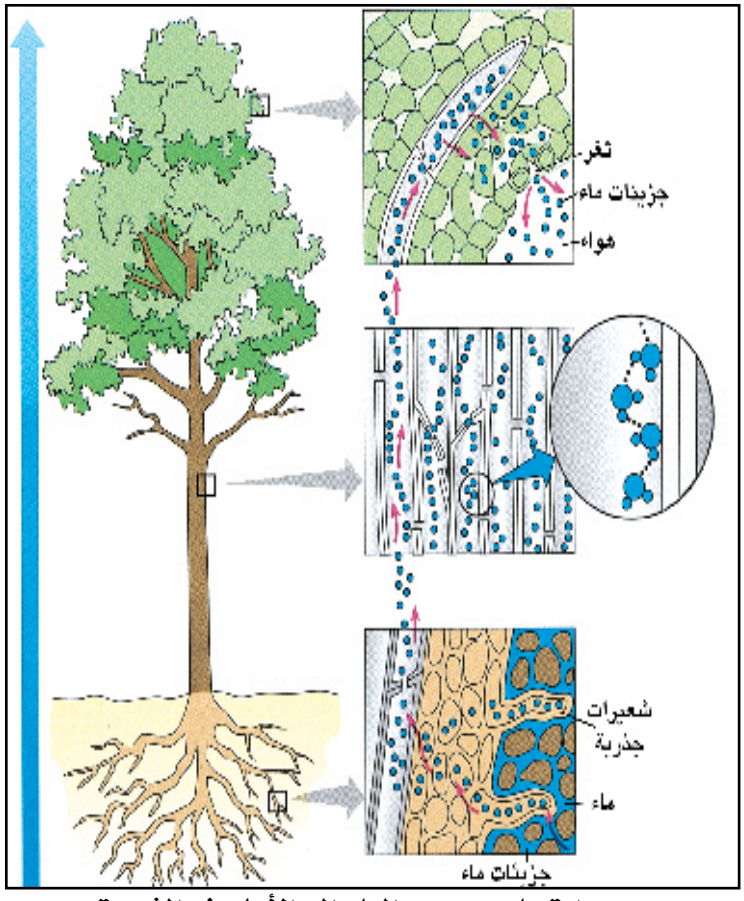
والأملاح المعدنية من الجذر إلى الورقة ،كما تأخذ الورقة ثاني أكسيد الكربون من الجو ، وعن طريق عملية البناء الضوئي التي يستعمل فيها الضوء والكلوروفيل كعوامل مساعدة يبني النبات الأخضر السكريات الأحادية من ثاني أكسيد الكربون والماء ، ثم يقوم ببناء المواد الغذائية المختلفة من كربوهيدرات ودهون وبروتينات . وتنتقل المواد الغذائية الجاهزة هذه عن طريق نسيج اللحاء إلى جميع أجزاء النبات.

امتصاص الماء والأملاح المعدنية :

تقوم الشعيرات الجذرية في بشرة الجذر بامتصاص الماء والأملاح المعدنية من التربة ، ليتم نقلها إلى أجزاء مختلفة من النبات لتدخل في عملية البناء الضوئي . وسندرس الآن كيف يتم امتصاص الماء والأملاح المعدنية في النباتات.

امتصاص الماء :

يتم امتصاص الماء من التربة بالاعتماد على تركيز الأملاح في الفجوة العصارية للشعيرة الجذرية ، حيث يكون تركيز الأملاح في الفجوة العصارية أعلى من تركيز الأملاح في التربة ، فيندفع الماء من التربة إلى داخل الشعيرة الجذرية عبر غشائها شبه المنفذ عن طريق الانتشار الغشائي (الخاصية الأسموزية) ، ويساعد على سحب الماء من التربة عبر الشعيرات الجذرية الشد الناتج من فقد الماء في النبات على هيئة بخار في عملية النتح. إن عملية امتصاص الماء من التربة إلى الشعيرة الجذرية هي عملية فيزيائية بحتة، نتيجة لعملية النتح .



امتصاص وصعود الماء إلى الأعلى في الشجرة

لماذا لا تعيش بعض النباتات في الأراضي الملحية أو المزودة بكميات كبيرة من الأسمدة؟

امتصاص الأملاح المعدنية :

إن عملية امتصاص الأملاح المعدنية عبر غشاء الشعيرة الجذرية ، هي عملية نقل نشط ، أي أنها عملية حيوية كيميائية تتطلب طاقة، وتحدث هذه العملية بغض النظر عن نسبة تركيز الأملاح في التربة.

حيث إن غشاء الشعيرة الجذرية غشاء شبة منفذ (أي يُنفذ الماء فقط وليس المواد المذابة فيه كالأملاح)، ولكن له خاصية النفاذية الاختيارية ، أي يُنفذ بعض المواد التي يحتاجها النبات ولا ينفذ البعض الآخر، حيث يعتمد امتصاص الأملاح المعدنية من التربة على حاجة النبات إليها، وتحتاج عملية النفاذ الاختياري هذه إلى طاقة تحصل عليها النباتات من عملية التنفس، وتدخل الأملاح المعدنية إلى النبات على شكل أيونات، فمثلاً مركب نترات الصوديوم $NaNO_3$ يتأين في الماء إلى NO_3^- و Na^+.

ما سبب انخفاض نسبة امتصاص الأيونات عندما تنخفض نسبة التنفس في النباتات ؟

وتعتمد عملية امتصاص الماء والأملاح المعدنية في النباتات على الجذور، لذلك سوف ندرس فيما يلي التركيب التشريحي للجذر ، وسنأخذ مثالاً على ذلك جذر نبات ذو فلقتين .

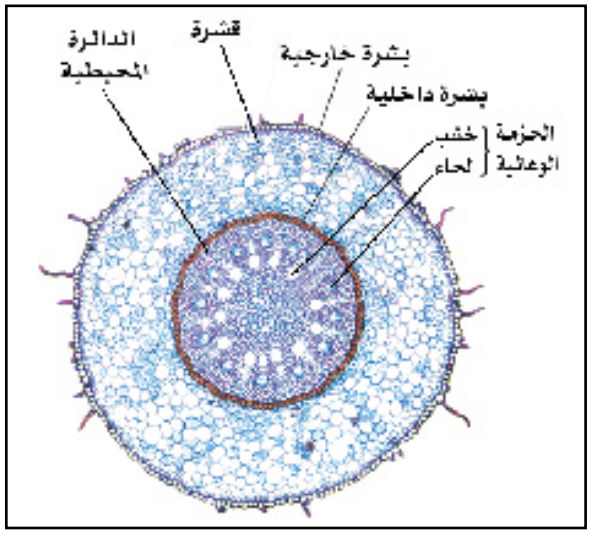
التركيب الداخلي للجذر:

يتركب الجذر في نباتات ذوات الفلقتين من الطبقات التالية :

١- البشرة (Epidermis)، وتتكون من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة رقيقة الجدر ،تستطيل معظم خلاياها لتكون الشعيرات الجذرية .

٢- القشرة(Cortex)،وهي الطبقة التي تلي البشرة،وتتكون من عدة صفوف من خلايا

برنشيمية رقيقة الجدر تقوم بوظيفة خزن الغذاء. وآخر صف من صفوف القشرة يطلق عليها اسم البشرة الداخلية Endodermis تكون جدران خلاياها مغلظة ووظيفتها تنظيم مرور الماء إلى داخل الجذر.



قطاع عرضي في جذر نبات من ذوات الفلقتين

٣- الاسطوانة الوعائية (Vascular Cylinder) ، توجد في مركز الجذر. وتتكون من :

أ- الدائرة المحيطية (Pericycle) ، وهي تقع إلى داخل البشرة الداخلية، ووظيفتها تكوين الجذور الثانوية

ب- الحزم الوعائية (Vascular bundles) ، وتتركب من :

١- الخشب (Xylem) . ويوجد على شكل أذرع أو زوائد نجمية ، عددها أربع أو خمس في وسط الاسطوانة الوعائية .

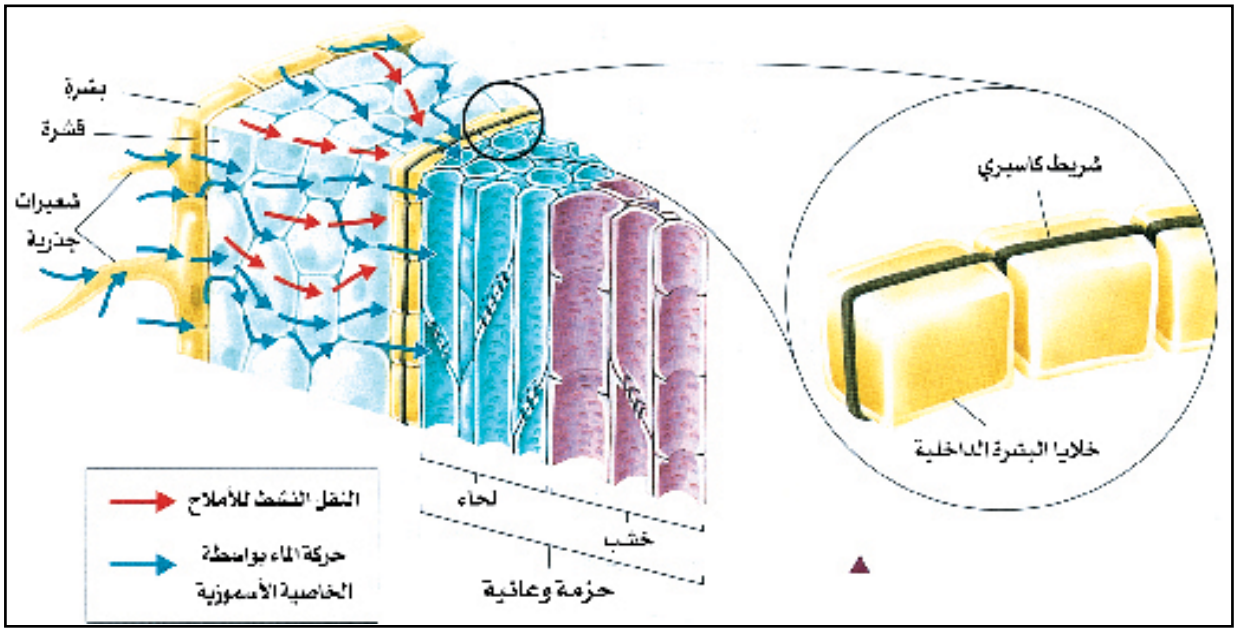
٢- اللحاء (Phleom) . ويوجد على شكل مجموعات بين أذرع الخشب .

نشاط عملي

افحص شريحة مجهرية جاهزة لقطاع عرضي في جذر نبات من ذوات الفلقتين ولاحظ الطبقات المختلفة وارسمها.

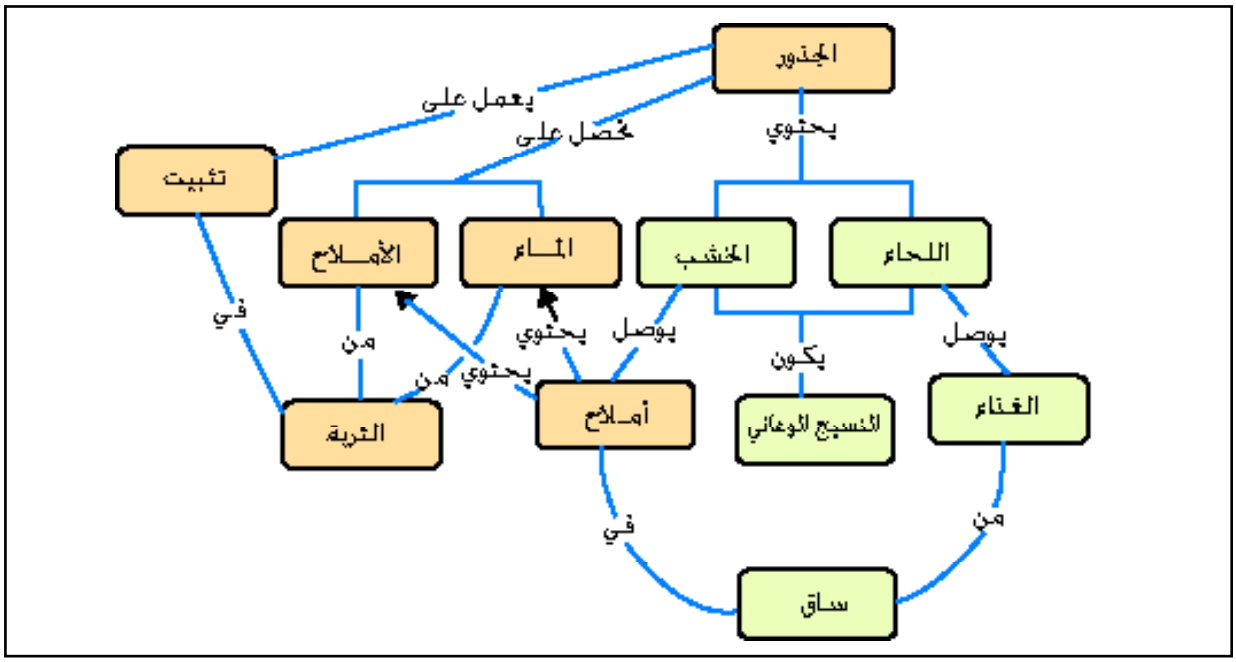
المسار الذي يسلكه الماء والأملاح المعدنية خلال طبقات الجذر :

بعد أن يتم امتصاص الماء و الأملاح المعدنية ، بواسطة الشعيرات الجذرية ، تسلك هذه العصارة (الماء والأملاح المعدنية) الطريق الآتي: تنتقل هذه العصارة ،من خلايا البشرة التي تحتوي على الشعيرات الجذرية، إلى خلايا القشرة حتى تصل إلى آخر طبقة من طبقات القشرة وهي البشرة الداخلية التي تقوم بتنظيم مرور الماء إلى الخشب في الجذر لوجود شريط كاسبيري . ثم ينتقل الماء والأملاح المعدنية من الجذر إلى الساق ثم الورقة خلال نسيج الخشب.



مسار الماء والأملاح المعدنية (للاطلاع)

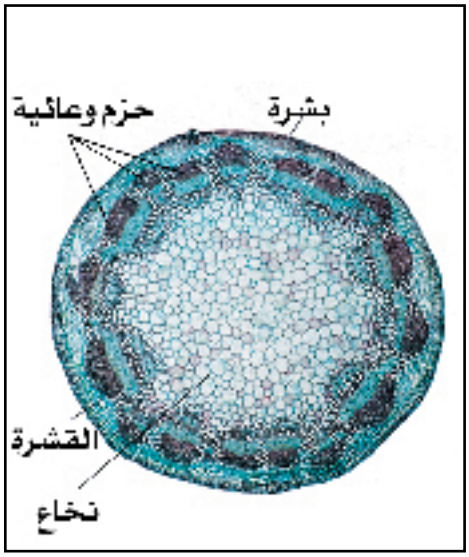
خريطة المفاهيم عن الجذور (للاطلاع)



كما أنه سوف تتم دراسة التركيب التشريحي للساق أيضاً .

التركيب الداخلي للساق :

يتركب الساق في نباتات ذوات الفلقتين من الطبقات التالية:



قطاع عرضي في ساق فلقتين

١- البشرة (Epidermis)، تتكون من صف واحد من الخلايا، جدرانها الخارجية تُغطى بمادة شمعية تُسمى الكيوتين (Cutin) ووظيفة البشرة حماية الأنسجة الداخلية والحد من فقدان الماء .

٢- القشرة (Cortex)، تتكون من عدة صفوف من خلايا برنشيمية رقيقة الجدر تقوم بخزن الماء والغذاء، بالإضافة إلى خلايا أخرى كولنشيمية سميكة الجدر تعمل كدعامة للنبات .

٣- الاسطوانة الوعائية (Vascular cylinder)، وتوجد قرب محيط الساق.وتتكون من :

أ- الدائرة المحيطية (Pericycle) تتكون من طبقة واحدة أو عدة طبقات من خلايا برنشيمية وألياف.

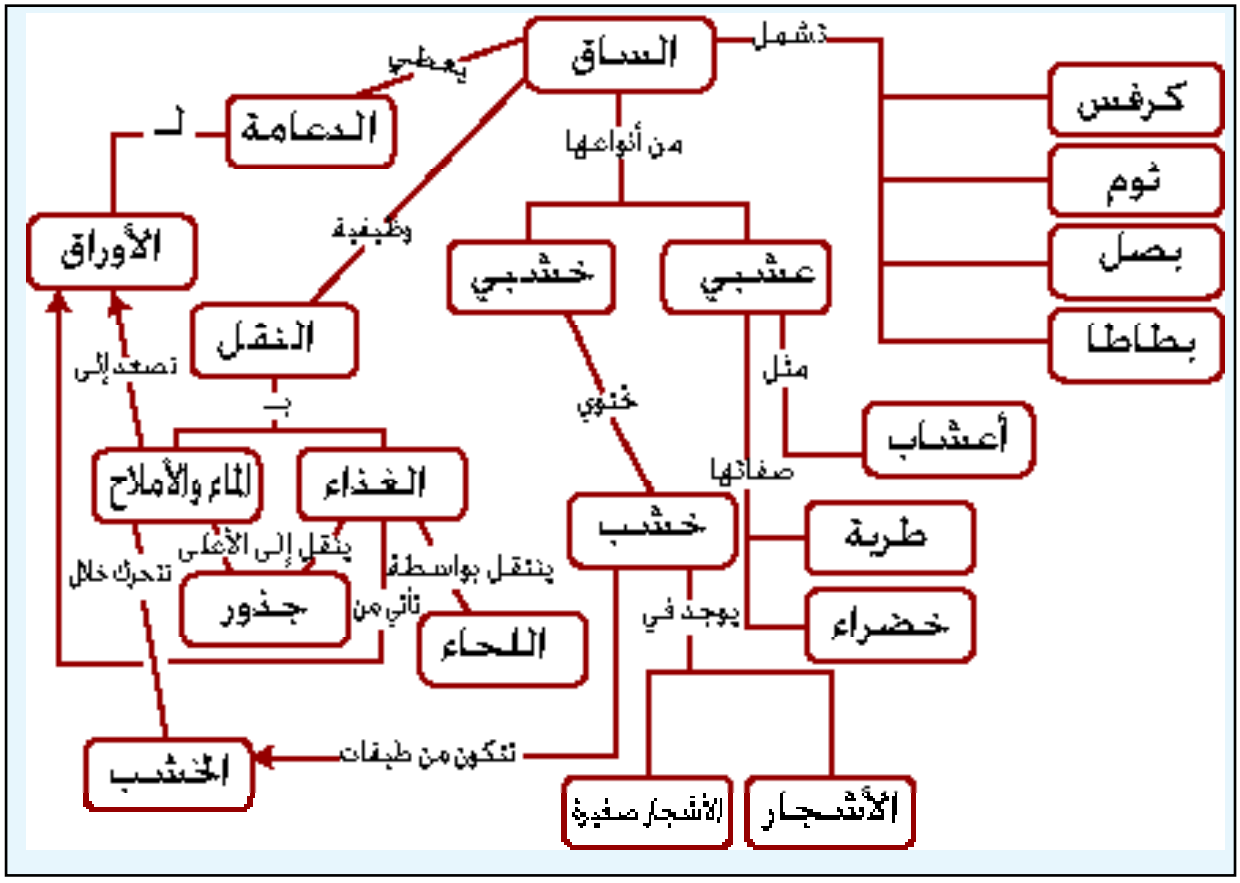
ب- الحزم الوعائية (Vascular bundles) وتتكون من ثلاثة أنسجة على نصف قطر واحد وهي الخشب واللحاء والكامبيوم .

ج- النخاع (Pith) ، ويوجد في مركز الساق .ويتكون من خلايا ذات جدران رقيقة تقوم بخزن الماء والغذاء .

نشاط عملي

افحص شريحة مجهرية جاهزة لقطاع عرضي في ساق نبات من ذوات الفلقتين ولاحظ الطبقات المختلفة ثم ارسمها.

خريطة المفاهيم عن الساق (للاطلاع)



نقل الماء والأملاح المعدنية :

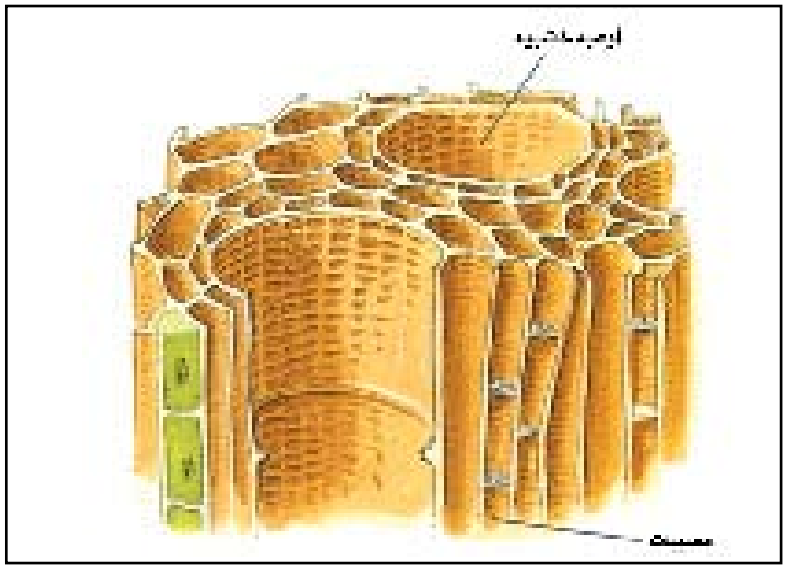
يتم نقل الماء والأملاح المعدنية في النبات من الجذر إلى باقي أجزاء النبات بواسطة الخشب. فما هو تركيب نسيج الخشب؟

تركيب نسيج الخشب :

يعتبر الخشب هو النسيج الرئيسي الموصل للماء في النباتات الوعائية ، والجزء المسئول عن عملية النقل في الخشب هي العناصر الخشبية وهي نوعان ، الأوعية الخشبية والقصيبات ، تتكون الأوعية الخشبية من جدر خلايا أنبوبية اتصلت نهاياتها بعضها مع بعض ، ثم زالت الجدر الفاصلة النهائية ، فنتج عن ذلك أنبوب

طويل متصل هو الوعاء الخشبي، وقد فقدت الخلايا المكونة للوعاء الخشبي السيتوبلازم والنوى، وأصبحت خلايا ميتة .

أما القصيبات فتتكون من جدر خلايا ميتة أيضا ، وللقصبة شكل مغزلي ذو نهاية مدببة ومغلقة ، ويمكن أن يتحرك الماء خلال الجدران من قصيبة إلى أخرى ، وقد تتغلظ جدران القصيبات.



تركيب نسيج الخشب

درسنا الآن كيفية امتصاص الماء والأملاح المعدنية من التربة حتى تصل إلى الخشب في الجذر ، ويتبادر إلى أذهاننا الآن سؤال هو : كيف يصعد الماء والأملاح خلال الساق الذي يبلغ طوله ١٠٠ م ، حتى يصل إلى الورقة؟

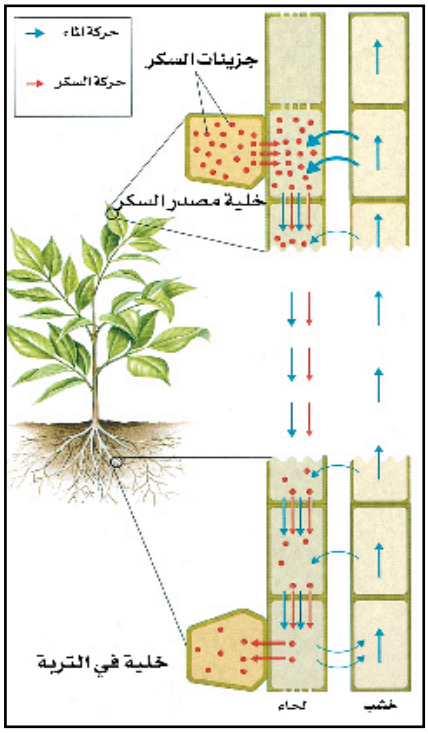
كما مر معنا توجد ثلاث فرضيات مقترحة لتفسير نقل الماء وارتفاعه في النبات وهذه الفرضيات هي :

١) الخاصية الشعرية . ٢) الضغط الجذري . ٣) قوى التماسك والتلاصق .

نقل الغذاء الجاهز (المركبات العضوية) في اللحاء :

عندما يصل الماء والأملاح المعدنية إلى الورقة ، يتم فقدان جزء من الماء بواسطة عملية النتح، ويدخل الجزء الباقي منه في عملية البناء الضوئي لتكوين السكريات الأحادية ، ومن السكريات الأحادية والأملاح المعدنية يكون النبات الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والجليسرول، ويسمى المحلول المكون من المركبات العضوية هذه بالغذاء الجاهز أو العصارة الجاهزة.

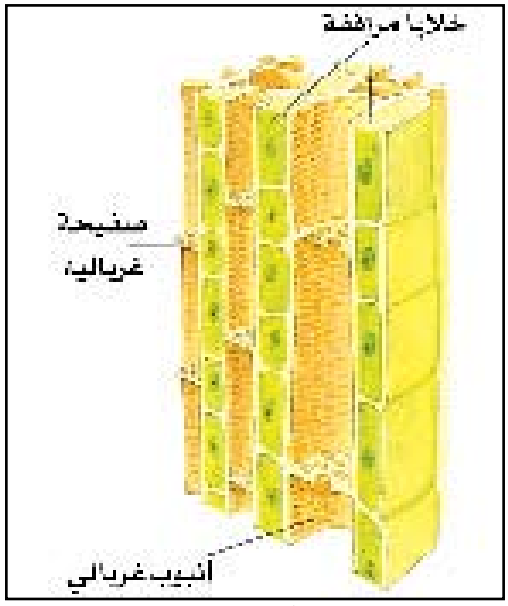
ينتقل الغذاء الجاهز في النبات خلال نسيج اللحاء ، وقد يتحرك الغذاء الجاهز إلى أسفل من الورقة إلى الساق إلى الجذر، وقد يتحرك إلى أعلى أو في اتجاهات مختلفة حسب الظروف.فقد يتحرك السكر الناتج عن عملية البناء الضوئي مثلاً ، من الورقة إلى أسفل في اتجاه الجذر لاستعماله في الغذاء أو لخزنه على شكل نشا ، وقد يتحرك السكر إلى أعلى في اتجاه البراعم النامية على قمة الساق أو الأزهار أو الثمار، كما يحدث في النباتات متساقطة الأوراق في فصل الشتاء ، عندما يهضم النشا متحولاً إلى سكر فينتقل عبر اللحاء إلى أعلى لتغذية البراعم ، وتكوين الأزهار والثمار بحلول فصل الربيع .



نقل الغذاء الجاهز في النبات

تركيب نسيج اللحاء :

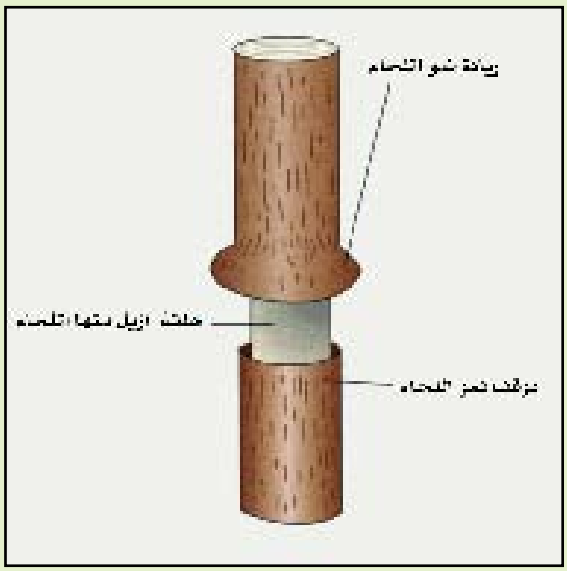
الجـزء الرئيسي في اللحاء هو الأنبوبة الغربالية . تتكون الأنبوبة الغربالية من خلايا تتصل نهاياتها ببعضها البعض،وتوجد عند اتصال نهاياتها صفائح مثقبة تدعى الصفائح الغربالية ، وتتصل كل أنبوبة غربالية بالتي تليها عن طريق خيوط سيتوبلازمية تخترق ثقوب الصفائح وتحمل الخيوط السيتوبلازمية الغذاء الجاهز وتنقله من مكان إلى آخر عبر الأنابيب، وبجوار كل أنبوبة غربالية توجد خلية مرافقة أو خليتان ، تحتوي الخلية المرافقة على نواة وسيتوبلازم، ووظيفة الخلية المرافقة تكوين مركب الطاقة (A.T.P) في أثناء قيامها بعملية التنفس ، لتزويد الأنبوبة الغربالية بالطاقة اللازمة لعملية النقل النشط للغذاء الجاهز.



نسيج اللحاء

إضـــاءة

اثبت العالم مالبيجي منذ ثلاثة قرون أن الغذاء الجاهز ينتقـل عبر اللحاء، وذلك بأن أزال حلقة من القلف المحيط بساق شجرة مع اللحاء الموجود داخلة، دون أن يلحق الضرر بالخشب، ولاحظ أن أنسجة الساق أسفل الحلقة توقفت عن النمو، بينما نمت أنسجة الساق أعلى الحلقة، وهذا يثبت أن الغذاء المتكون في الأوراق قد توقف عن التحرك أسفل الحلقة لعدم وجود اللحاء .



الأحياء في حياتنا

استخدام حشرة المن (Aphid) في دراسة نسيج اللحاء :

لحشرة المن خرطوم ثاقب يشبه الإبرة يخترق أنسجة النبات حتى يصل إلى اللحاء فيمتص منه الغذاء الجاهز اللازم لغذائه ثم ينتقل هذا الغذاء إلى الجهاز الهضمي للحشرة ويتجمع جزء منه على شكل قطرة في نهاية الجسم . ويتيح العلماء لهذه الحشرة أن تمتص الغذاء الجاهز من نبات معين ثم يخدرونها ويفصلون جسمها عن خرطومها الذي يبقى متصلا بساق النبات لاستعماله كأنبوبة يؤخذ بها الغذاء الجاهز من اللحاء. وباستعمال هذه الطريقة أمكن التوصل إلى أن حوالي ١٠- ٢٥ ٪ من محلول الغذاء الجاهز في اللحاء هو سكروز بينما لا تشكل الأحماض الأمينية إلا نسبة ضئيلة.

آلية نقل الغذاء الجاهز في النبات

حاول العلماء تفسير آلية نقل الغذاء الجاهز في اللحاء بفرضيات أهمها فرضية النقل النشط والحركة السيتوبلازمية .

فرضية النقل النشط والحركة السيتوبلازمية :

يعتقد العلماء حسب هذه الفرضية أن عملية نقل السكروز وغيرة من المواد العضوية من خلايا الورقة الخضراء إلى اللحاء، بحاجة إلى طاقة، ويفترضون أن السكروز يتحد مع مواد ناقلة نشطة، ثم ينتقل هذا المركب المكون من السكروز والمواد الناقلة النشطة، من خلايا الورقة الخضراء إلى اللحاء وحال وصول هذا المركب إلى اللحاء يتحلل إلى سكروز ومواد ناقلة، ويتحرك السكروز في اللحاء حركة دائرية باتجاه حركة الدوران السيتوبلازمية فيه، ثم ينتقل السكروز من أنبوبة غربالية إلى أنبوبة غربالية أخرى مجاورة لها وتقع على امتدادها محمولاً على الخيوط السيتوبلازمية، وتقوم الخلايا المرافقة بتزويد الأنابيب الغربالية بمركب الطاقة (A.T.P) للقيام بعملية النقل النشط للمواد السكرية على الخيوط السيتوبلازمية . كما ينتقل السكروز من الأنابيب الغربالية إلى خلايا الجذر أو الساق أو البراعم أو الأزهار أو الثمار بعملية نقل نشط، تتطلب طاقة ناقلة نشطة أيضاً كما في الشكل ص ٦٠.

النقل في الحيوانات

في الحيوانات بسيطة التركيب لا يوجد جهاز نقل بالمعنى الصحيح، بينما في الحيوانات المعقدة يوجد جهاز نقل تختلف درجة تعقيده باختلاف درجة تعقيد جسم المخلوق الحي، وسنستعرض فيما يلي أنماطاً من طرق النقل و أجهزة النقل في الحيوانات .

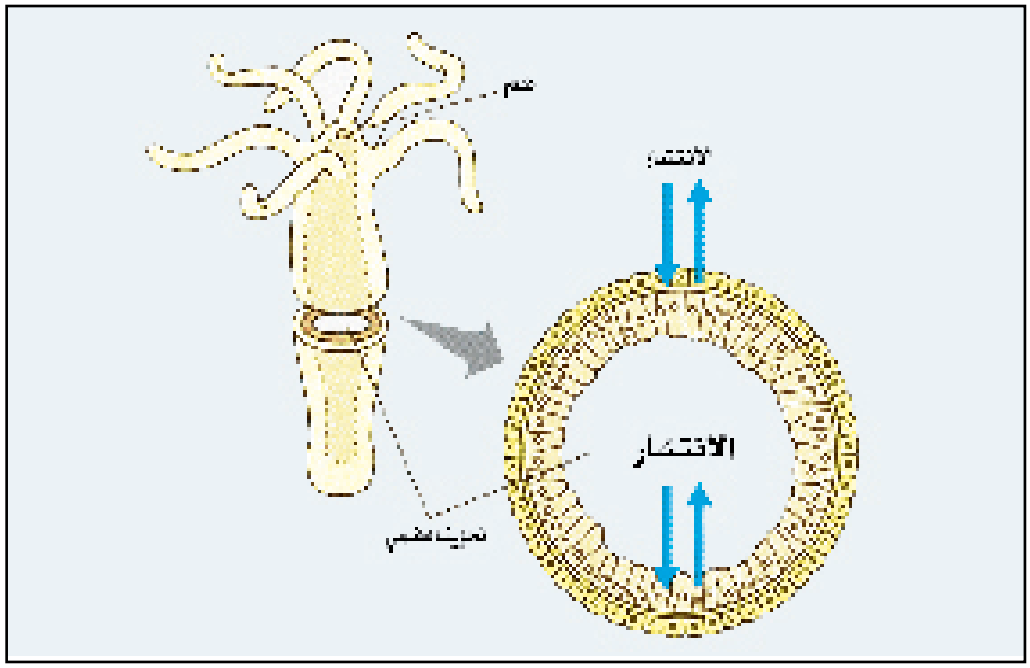
١) النقل في الحيوانات التي لا تحتوي على جهاز دوري

هناك عدد من الحيوانات اللافقارية بسيطة التركيب لا تحتوي على جهاز دوري مثل الاسفنجيات والجوفمعويات والديدان المفلطحة، وسنأخذ حيوان الهيدرا مثالاً للنقل في الحيوانات التي لا تحتوي على جهاز دوري .

➤ النقل في الهيدرا :

لا يحتوي حيوان الهيدرا على جهاز للنقل ، والهيدرا حيوان عديد الخلايا بسيط التركيب، يتركب الجسم فيه من طبقتين خلويتين فقط (خارجية و داخلية)، تحصران بينهما طبقة وسطى لا خلوية جيلاتينية . وتغلف هاتان الطبقتان تجويفاً هضمياً (جوفمعياً) يدخل فيه الماء باستمرار عن طريق فتحة الفم ويكون هذا الماء محملاً بالمواد الغذائية والأكسجين .وعندما يتم هضم الغذاء في الهيدرا، تنتشر نواتج الهضم إلى خلايا الطبقة الداخلية، ثم تتوزع بالانتشار أيضا إلى خلايا الطبقة الخارجية .

أما الفضلات الناتجة عن حرق المواد الغذائية مثل ثاني أكسيد الكربون والأمونيا فتخرج مع تيار الماء عن طريق الفم أيضاً، فالماء في الهيدرا يدخل من الفم ويدور في الجوفمعي ثم يخرج من الفم أيضاً، ومما يساعد في دوران الماء حركة الأسواط الموجودة في الخلايا الوسطية من الطبقة الداخلية.



عملية النقل في الهيدرا

٢) النقل في الحيوانات التي تحتوي على جهاز دوري

يوجد في الحيوانات معقدة التركيب جهاز نقل (دوري) يحتوي على قلب يضخ الدم وأوعية دموية يسير فيها الدم، ووجود هذا الجهاز مهم ليلائم درجة تعقيد هذه الحيوانات،والجهاز الدوري في الحيوانات إما أن يكون مفتوحاً أو مغلقاً .

► الجهاز الدوري المفتوح (Open circulatory system)

هو الذي لا يسير فيه الدم دائماً داخل أوعية دموية مغلقة، ويوجد هذا النوع من الأجهزة في اللافقاريات مثل المفصليات (الحشرات، القشريات، العناكب، العقارب)، وبعض الرخويات مثل (الحلزون، المحار).

► الجهاز الدوري المغلق (Closed circulatory system)

هو الذي يسير فيه الدم دائماً ضمن أوعية دموية مغلقة، ويوجد هذا النوع من الأجهزة في بعض الحيوانات اللافقارية مثل الديدان الحلقية كدودة الأرض وبعض الرخويات مثل الإخطبوط والحبار، كما يوجد في جميع الحيوانات الفقارية.

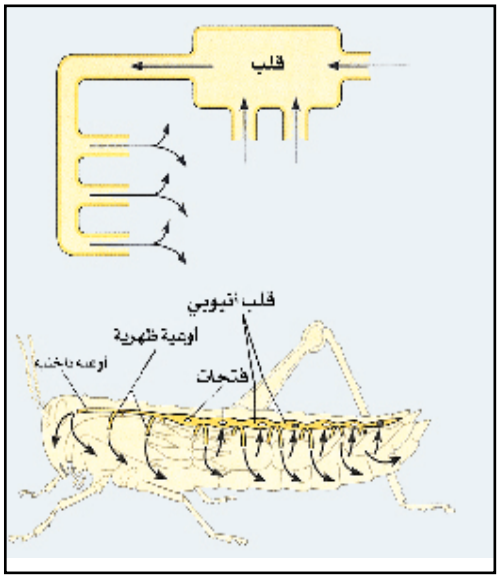
يمتاز الجهاز الدوري المغلق بفعاليته الوظيفية، ويفوق في ذلك الجهاز الدوري المفتوح، حيث أن الدم في الحيوانات ذات الجهاز الدوري المفتوح يسير ببطء بينما يسير الدم بسرعة أكبر في الحيوانات ذات الجهاز الدوري المغلق، ولذلك يحدث تبادل المواد الغذائية والأكسجين والفضلات في الحيوانات ذات الجهاز الدوري المغلق بسرعة أكبر من الحيوانات ذات الجهاز الدوري المفتوح، مما ينتج عنه قيام الحيوانات ذات الجهاز الدوري المغلق بنشاطاتها الحيوية بفعالية ومقدرة عالية .

وسنستعرض الآن أمثلة لبعض المخلوقات الحية التي تمتلك جهازاً دورياً مفتوحاً أو جهازاً دورياً مغلقاً

► النقل في الجراد :

يمتلك الجراد جهازاً دورياً مفتوحاً، يتركب من قلب أنبوبي مغلق من الخلف ومفتوح من الأمام يوجد على طول ظهر الحيوان تحت الهيكل الكيتيني الصلب، ويتركب القلب من سبع حجرات تتصل كل حجرة مع الأخرى بفتحة مجهزة بصمام يسمح للدم بالانتقال من الحجرة الخلفية إلى الحجرة الأمامية،وعلى جانبي

كل حجرة وبالقرب من قاعدتها زوج من الفتحات الجانبية الدقيقة مجهزة بصمامات، تسمح هذه الفتحات للدم بالدخول إلى القلب ولا تسمح له بالخروج، ويمتد من القلب إلى الأمام وعاء دموي ينفتح قرب رأس الحيوان. يضخ القلب الدم الذي ينقل المواد الغذائية فقط في جيوب مفتوحة، وتتوزع هذه الجيوب في مختلف أنحاء الجسم. ويتحرك الدم في هذه الجيوب ببطء حتى يتوفر الوقت الكافي لتبادل المواد الغذائية والفضلات بين الدم وخلايا الجسم، ثم يسير الدم محملاً بالفضلات من الجيوب إلى غرف القلب مرة ثانية عبر فتحات في غرف القلب تحرسها صمامات .



الجهاز الدوري في الجراد

فكّر

لماذا لا يقوم الجهاز الدوري المفتوح في الجراد بنقل الأكسجين ؟

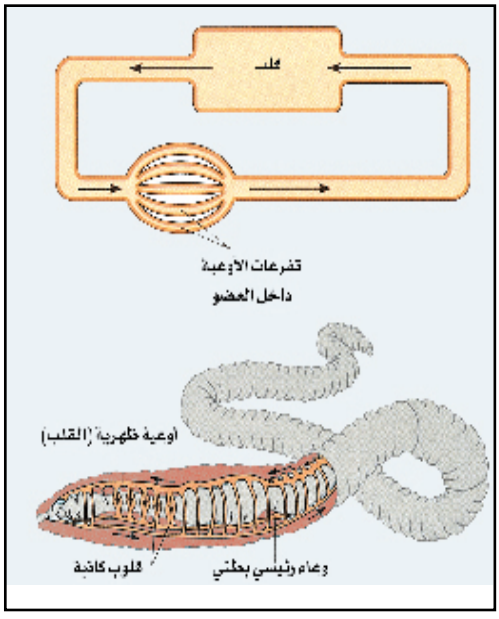
النقل في دودة الأرض

تمتلك دودة الأرض جهازا دورياً مغلقاً، يتركب من ثلاثة أوعية رئيسية هي :

١) الوعاء الدموي الظهري (ويتجه الدم فيه من الخلف إلى الأمام وهو منقبض) ويوجد فيه صمامان في كل عقلة يمنعان رجوع الدم إلى الخلف.

٢) الوعاء الدموي البطني (ويسير الدم فيه من الأمام إلى الخلف).

٣) الوعاء التحت عصبي (ويسير الدم فيه من الخلف إلى الأمام) .



الجهاز الدوري في دودة الأرض

٤) أوعية دموية مختلفة مثل التي تربط الوعاء الظهري بالوعاء البطني وهي كبيرة الحجم نسبيا جدرانها منقبضة تسمى بالقلوب الكاذبة .

يندفع الدم من الأمام إلى الخلف في الوعاء الدموي البطني، عبر تفرعات جانبية إلى أعضاء الجسم المختلفة، ثم يتجمع الدم من هذه الأعضاء في شعيرات دموية تؤدي إلى الوعاء الدموي الظهري، الذي ينقبض بانتظام دافعا الدم من الخلف إلى الأمام حتى يصل إلى القلوب الكاذبة المنقبضة، التي تدفعه إلى الوعاء الدموي البطني من جديد وهكذا يستمر دوران الدم . ويتم بين الدم في الشعيرات الدموية وخلايا الجسم تبادل المواد الغذائية والأكسجين والفضلات.

النقل في الفقاريات

تمتلك الحيوانات الفقارية جهازاً دورياً مغلقاً، يساعدها على نقل المواد المختلفة داخل أجسامها، وتشترك الأجهزة الدورية في الفقاريات في صفات معينة، حيث يضخ القلب الدم إلى الشرايين التي تتفرع وتضيق إلى شرايين صغيرة، ثم تتفرع إلى جهاز واسع من الشعيرات الدموية، ويدخل الدم تاركاً الشعيرات الدموية إلى أوردة صغيرة، ثم إلى أوردة أكبر حيث تعود هذه الأوردة بالدم إلى القلب . وسندرس مثالاً على ذلك النقل في الإنسان.

النقل في الإنسان

يتأثر جهازنا الدوري بالجاذبية الأرضية بشكل كبير حيث تجذب الدم إلى الأطراف السفلية من أجسامنا.

إن أجسام الثدييات وكذلك الإنسان قد هيأ لها الخالق سبحانه وتعالى قلوب قوية تعمل على دوران الدم مع وجود الجاذبية الأرضية، وكذلك انقباض العضلات عندما نمشي أو نجري حيث تضغط العضلات على الشرايين دافعة الدم إلى القلب، لكن قد تتغلب الجاذبية أحياناً عندما لا نمارس الرياضة أو نقف طويلاً حيث ينجذب الدم إلى شرايين الأرجل وهذه مشكلة لمن عملهم يتطلب الوقوف كثيراً مسببة لهم دوالي الساق.

ابحث

بالاستعانة بمصادر التعلم المختلفة، اكتب بحثاً عن دوالي الساق في الإنسان، واعرض وناقش ما توصلت إليه مع زملائك.

الدورة الدموية في الإنسان :

تعتمد عملية نقل المواد هذه على انقباض وانبساط القلب الذي يساعد على دوران الدم وحدوث الدورة الدموية .

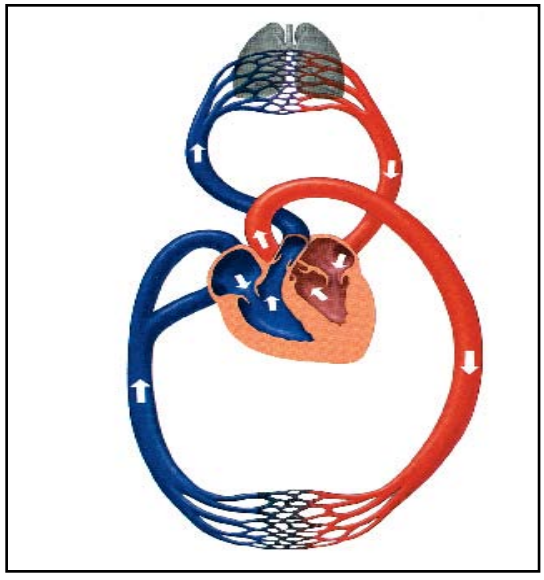
يمكن تخيل القلب في الإنسان كمضختين ملتصقتين مع بعضهما جنباً إلى جنب، الجزء الأيمن من القلب يضخ الدم من الجسم إلى الرئتين حيث يكون الدم قليل الأكسجين ومحمل بثاني أكسيد الكربون، ويتزود بالأكسجين ويتخلص من ثاني أكسيد الكربون والجزء الأيسر من مضخة القلب يدفع الدم الغني بالأكسجين إلى أجزاء الجسم المختلفة.

عندما ينقبض القلب يندفع الدم الغني بالأكسجين (الدم المؤكسج) من البطين الأيسر من القلب إلى الاورطة التي توزع الدم في شرايين متفرعة في أنحاء الجسم جميعها. وفي نهاية الشرايين يسير الدم المحمل بالغذاء والأكسجين في شعيرات دموية دقيقة توزع الغذاء والأكسجين على الخلايا، وتأخذ منها الفضلات، ثم تتجمع الشعيرات الدموية ثانية في أوردة تحمل الدم الفقير بالأكسجين (دم غير مؤكسج)، وتصب في النهاية في الأذين الأيمن من القلب عن طريق الوريدين الأجوفين العلوي والسفلي، ثم يندفع الدم في البطين الأيمن، ومن البطين الأيمن يندفع الدم في الشريان الرئوي إلى الرئتين حيث تتم تنقيته، ثم ينساب في الأوردة الرئوية التي تصب الدم الغني بالأكسجين في الأذين الأيسر من القلب، ثم يندفع الدم في البطين الأيسر . ويكون الدم الآن قد سار دورة كاملة، من الجانب الأيسر للقلب إلى الجسم ثم إلى الجانب الأيمن للقلب، ثم يعود إلى الجانب الأيسر مرة ثانية.

إضـــاءة

يتم ضبط كمية الدم الواصلة إلى أي عضو في الجسم في وقت معين، وذلك لأن الشرايين في نهايات تفرعاتها تؤدي إلى الشعيرات الدموية وتنظم جدران هذه الشرايين انسياب الدم في الشعيرات الدموية. فأثناء التمرينات الرياضية العنيفة كالجري والسباحة، تتدفق إلى الشعيرات الدموية والأوعية الصغيرة الأخرى في الجهاز العضلي كمية كبيرة من الدم، بينما تكون كمية الدم في الشعيرات الدموية للجهاز الهضمي قليلة جداً.

لذلك ينصح الأطباء بعدم ممارسة الرياضة بعد الوجبات مباشرةً.



الدورة الدموية في الإنسان

الأحياء في حياتنا

التبرع بالدم:

يحتوي جسم الإنسان البالغ في المتوسط على ما يعادل حوالي ٥ إلى ٦ لترات، الذي يتم تجديده باستمرار. إن التبرع بمقدار ٤٥٠ مل لا يسبب مشكلات للجسم. في أحوال قليلة يصاب بعض الناس بإغماء عند تبرعهم بالدم، وليس هذا بسبب فقد الدم ولكنه بسبب الخوف!

التبرع بالدم أمر سهل ومأمون، ولا يمكن أن يصاب الفرد بأي مرض بسبب التبرع بالدم بما في ذلك متلازمة نقص المناعة المكتسبة (الإيدز).

ومن أهم الأسباب التي تمنع أخذ الدم من أحد الأشخاص هي:

الإصابة بالأنيميا، أو ارتفاع درجة حرارة الجسم، أو زيادة النبض أو ضغط الدم، أن يكون قد سافر من قبل إلى بلد موبوء بالملاريا، أن يكون من الفئات المعرضة للإصابة بفيروس نقص المناعة البشري HIV.

إن الحاجة إلى الدم المتبرع به مستمرة. حيث يساعد العديد من الناس وينقذ أرواحهم. عندما يتبرع شخص بالدم، فقد تنتقل خلايا الدم الحمراء التي في هذا الدم إلى أحد الأشخاص وتنقل مكونات أخرى إلى أشخاص آخرين. إن أغلب من يحتاجون إلى الدم يحتاجون لبعض مكوناته فقط وليست كلها. هناك اختلاف في استخدامات المكونات المختلفة للدم والفترة الزمنية التي يمكن خلالها تخزين كل مكون منها فمثلاً، خلايا الدم الحمراء يكثر استخدامها في علاج الأنيميا، ويمكن وضعها في الثلاجة لمدة أقصاها ٤٢ يوماً، ويمكن تجميدها لمدة تصل إلى ١٠ أيام.

والصفيحات الدموية، تعطى لمرضى اللوكيميا والصور الأخرى من السرطان أو الذين يتلقون العلاج الكيماوي، ويمكن تخزين الصفيحات لمدة أقصاها ٥ أيام.

أما البلازما، تستخدم للسيطرة على النزيف، ويمكن تجميدها لمدة تصل إلى عام واحد ويمكن استخراج منتجات مختلفة مفيدة من البلازما. فالزلال (الألبومين) يستخرج من البلازما ويستخدم في علاج الصدمة.

الجاما جلوبولين المستخرج من البلازما يستخدم في تعزيز المستويات المنخفضة من الأجسام المضادة مساعدا بذلك في منع العدوى. يستخدم الجاما جلوبين أيضاً في إعاقة مفعول الأجسام المضادة الأخرى التي تسبب بعض الأمراض.

للاستزادة يمكن الرجوع إلى موقع وزارة الصحة في المملكة العربية السعودية: www.moh.gov.sa

نشاط ميداني

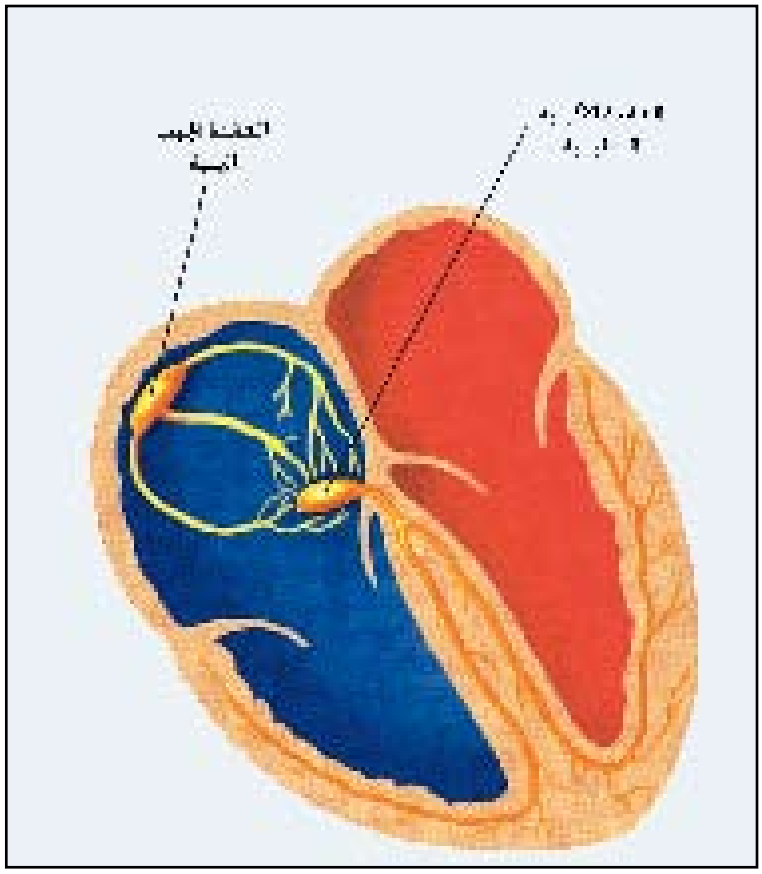
بالتنسيق مع معلمك قم بزيارة أقرب مستشفى أو بنك الدم لمعرفة طريقة التبرع بالدم والشروط اللازمة لذلك.

نبضات القلب (Heart pulse) :

تنشأ نبضات القلب من العضلة نفسها وذلك بسبب انقباض وانبساط العضلات القلبية، وتحتوي عضلة القلب على عقدتين عصبيتين تنظمان نبضات القلب هما :

١) العقدة الجيب أذينية (المنظم) :

توجد في جدار الأذين الأيمن عند اتصاله بالوريد الأجوف العلوي، وتنشأ منها موجة من الانقباضات التي تنتشر خلال الألياف العضلية إلى جدار الأذينين فيحدث الانقباض الأذيني .



قطاع طولي في القلب يبين وجود المنظم والعقد الأذينية البطينية

٢) **العقدة الأذينية البطينية :**

توجد أيضاً في جدار الأذين الأيمن ولكن أسفل الحاجز الذي يفصل بين الأذينين . حيث تنتقل موجة الانقباضات من العقدة الأولى إلى العقدة الثانية ومن العقدة الأذينية البطينية تنتقل الانقباضات إلى الحزمة الأذينية البطينية والتي تعرف بحزمة هس ثم إلى البطينين ، وتسمى مجموعة الألياف التي تقوم بالنقل في جميع أجزاء القلب بألياف بركنجي .

وينتج عن انقباض وانبساط عضلة القلب وما يتبع ذلك من مرور الدم في الأوعية الدموية ما يعرف بالنبض **Pulse** وغالباً ما يقاس نبض القلب في الإنسان في منطقة الرسغ ويتراوح المعدل الطبيعي لنبضات القلب في الشخص العادي كامل النمو عند الراحة بين ٧٠-٨٠ نبضة في الدقيقة ويصل ما يضخه القلب من الدم يومياً حوالي ٨٥٠٠ لتر . وتختلف سرعة النبض حسب العمر والجنس والنشاط وحسب ارتفاع درجة حرارة الجسم.

دقات القلب :

هي أصوات طبيعية تصدر عن انغلاق الصمامات في القلب . ويمكن سماعها إما بوضع الأذن على الصدر في منطقة القلب (تحت الحلمة اليسرى بمسافة قصيرة) أو باستخدام سماعة الطبيب .

ويمكن سماع صوتين في القلب الطبيعي هما :

١) الصوت الأول (الصوت الانقباضي) : غليظ وطويل نتيجة غلق الصمامين بين الأذينين والبطينين عند انقباض البطينين .

٢) الصوت الثاني (الصوت الانبساطي) : حاد وقصير نتيجة غلق صمامي الأورطي والشريان الرئوي عند انبساط البطينين .

والتلف الذي يصيب الصمامات الأذينية البطينية والصمامات شبه الهلالية (الأورطي والرئوي) يؤثر على الصوت القلبي الأول والثاني . لذا فالأصوات القلبية تدلنا على معلومات مفيدة عن صمامات القلب.

نشاط عملي

قياس معدل النبض:

الأدوات والمواد اللازمة :

ساعة إيقاف - قلم ودفتر لتدوين النتائج.

طريقة العمل :

١) قس معدل النبض في جسمك بواسطة شريان الرسغ في اليد وأنت في وضع الراحة باستعمال ساعة.

٢) خذ ٣ قراءات لمعدل نبضك .

القراءة الأولى	القراءة الثانية	القراءة الثالثة

٣) إذا كان القلب يضخ حوالي ٨٠ سم^{٣} في كل نبضة أحسب كمية الدم التي يضخها القلب في الدقيقة ثم في يوم كامل .

. . . . . .

٤) قم ببعض التمرينات الرياضية البسيطة ثم قس معدل نبضك في الدقيقة بسرعة وسجله .

. . . . . .

٥) قارن بين هذه النتائج وبين نتائج معدل نبض القلب في حالة الراحة .

. . . . . .

٦) قارن نتائجك مع نتائج زملائك في الصف .

. . . . . .

٧) لاحظ نتائج الأشخاص البدينين أو النحيفين .

. . . . . .

٨) ماذا تلاحظ ؟

. . . . . .

بعض الأمراض التي قد تصيب الدورة الدموية في الإنسان

إن الأعضاء الهامة في جسم الإنسان يجب أن يكون انسياب الدم فيها ثابتاً، لأن أي اختلاف في انسياب الدم إلى هذه الأعضاء ولو كان طفيفاً يعرض الجسم للخطر ، وتحدث بسبب ذلك بعض الحالات المرضية الخطيرة مثل :

١) السكتة الدماغية - وهذه تنشأ عن اضطراب انسياب الدم إلى الدماغ .

٢) السكتة القلبية - وهي توقف مفاجيء لنبضات القلب وتكون عادة نتيجة توقف سريان الدم بشريان رئيسي للقلب أو بشرايين القلب .

٣) الجلطة القلبية - وهذه تحدث بسبب اختلال انسياب الدم إلى جدران عضلة القلب ، كأن يغلق أحد الأوعية الدموية المغذية للقلب .

الجهاز اللمفاوي : (Lymphatic system)

يسير الدم في الإنسان ضمن أوعية دموية مغلقة ، ولا يوجد اتصال مباشر بين الشعيرات الدموية وخلايا الجسم.

كيف يحدث تبادل المواد بين الدم وخلايا الجسم ؟

وكيف يقوم الدم بنقل الغذاء والأكسجين إلى الخلايا ؟

وكيف يقوم الدم بتخليص الخلايا من ثاني أكسيد الكربون والفضلات الأخرى ؟

وللإجابة على هذه الأسئلة لا بد من دراسة الجهاز اللمفاوي .

تركيب الجهاز اللمفاوي:

يتركب الجهاز اللمفاوي في جسم الإنسان من:

١) **اللمف (Lymph)**: هو الجزء من الدم الذي يُرشح عبر الشعيرات الدموية إلى الخلايا ولذلك يُعتبر اللمف هو الواسطة بين الشعيرات الدموية والخلايا . ويختلف اللمف عن الدم في أنه لا يحتوي على خلايا الدم الحمراء ولذلك فهو عديم اللون تقريباً ، ولا يحتوي على بعض البروتينات في البلازما وفيما عدا ذلك فهو يشبه الدم . ويقوم اللمف بنقل الغذاء والأكسجين إلى الخلايا وتخليصها من الفضلات .

٢) **الأوعية اللمفاوية (Lymphatic vessels)** : وهي الأوعية التي تنقل السائل اللمفاوي ولا يمكن

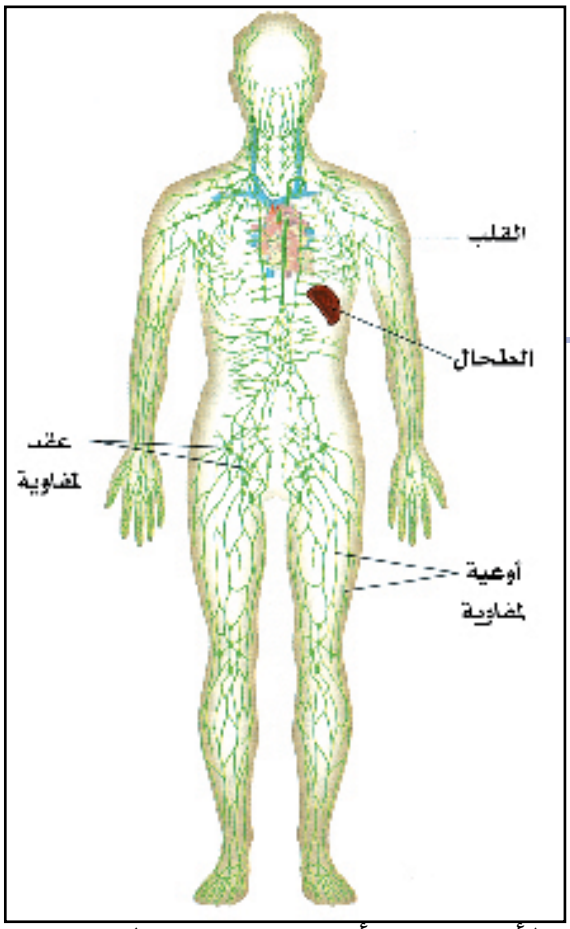
رؤيتها.

٣) **العُقد اللمفاوية (Lymphatic nodes)** : هي انتفاخات توجد على طول الأوعية اللمفاوية ، تحتوي على عدد هائل من خلايا الدم البيضاء ، ولذلك فهي تقوم بتنقية اللمف من البكتريا والأجسام الغريبة الأخرى ويمكن أن تنتفخ العُقد اللمفاوية أثناء العدوى نتيجة لالتقاطها البكتريا والأجسام الضارة الأخرى . ومن الأمثلة على العُقد اللمفاوية اللوزتان والطحال .

ابحث

أين يوجد الطحال في جسم الإنسان ؟ وما وظائفه ؟

لماذا ينصح الأطباء بعدم استئصال اللوزتان إلاّ في الحالات المزمنة ؟



في أثناء مرور الدم في الشعيرات الدموية الموجودة بين خلايا الجسم، يرشح الماء والمواد الغذائية البسيطة والأكسجين خلال الشعيرات الدموية بالإضافة إلى جزء بسيط من بلازما الدم، ويطلق على هذا السائل أو البلازما التي رشحت اسم سائل الأنسجة، وعندما يتم امتصاص هذا السائل داخل الأوعية اللمفاوية يطلق عليه اسم اللمف (Lymph).

يغمر سائل الأنسجة خلايا الجسم حاملاً إليها الغذاء والأكسجين اللازمين لها ويعود

بها إلى الدم مرة ثانية عبر الأوعية اللمفاوية.

ولذلك يعتبر اللمف الواسطة بين الدم وخلايا الجسم، يصب اللمف في أوعية دقيقة تتجمع في أوعية لمفاوية أكبر تصب نهائياً في الوريد الأجوف العلوي، ويسير اللمف في الأوعية اللمفاوية ببطء ومما يساعد على دفع اللمف في الأوعية اللمفاوية انقباض عضلات الجسم، كما أنه توجد صمامات على طول الأوعية اللمفاوية تسمح للمف بالسير في اتجاه واحد فقط وتمنعه من الرجوع.

نشاط عملي

مشاهدة سريان الدم في الشعيرات الدموية:

الأدوات والمواد اللازمة:

ضفدع حي، شرائح زجاجية، مجهر تشريحي أو مجهر مركب، مادة الكلوروفورم، قطن، طبق بتري.

طريقة العمل:

١- ضع قليلاً من الكلوروفورم على قطعة قطن واستعملها لتخدير الضفدع.

٢- ضع الضفدع بعد تخديره في طبق بتري. ثم ثبت أحد أرجل الضفدع بين شريحتين زجاجيتين.

٣- ضع الطبق على منضدة المجهر وشاهد الغشاء الجلدي بين أصابع الطرف الخلفي للضفدع المخدر.

٤- استعمل قوة التكبير الصغرى لترى الشعيرات الدموية الصغيرة وانسياب الدم فيها.

معلومات إثرائية

سائل الأنسجة:

قد يحدث أن يتجمع سائل الأنسجة في المسافات الموجودة بين الخلايا، ولا ينساب جزء كبير منه إلى الشعيرات الدموية ويدخل الدم كالمعتاد، وذلك بسبب ارتفاع ضغط الدم أو بسبب مرض أصاب الكلى. وفي هذه الحالة تتجمع كمية كبيرة منه بين الخلايا ، وينتج عن ذلك تورم العضو ويسمى هذا المرض بالأديما (Oedema) ، كما يحدث التورم نتيجة انسداد أحد الأوعية اللمفاوية في عضو معين في الجسم (في الطرف السفلي مثلاً) بسبب الإصابة بديدان الفيلاريا ، فينتج عن ذلك مرض يسمى بداء الفيل (Elephantiasis) .

شخص مصاب بداء الفيل

يعتبر تجلط الدم من الوظائف الهامة التي تؤديها بروتينات بلازما الدم . وهذه العملية ضرورية للحفاظ على دم المخلوق الحي عند أصابته بجرح ما. إن تجلط الدم داخل الأوعية الدموية يمكن أن يكون قاتلاً ، لذلك يجب أن يبقى الدم سائلاً داخل الأوعية الدموية وذلك بفعل مادة الهيبارين في الدم وألا يتجلط إلا إذا حدث جرح في وعاء دموي .

إضـــاءة

هناك بعض الأفراد المصابين بمرض نزف الدم (الهيموفيليا) لا يتجلط الدم عندهم ، وهذا قد يسبب لهم الموت إذا تعرضوا لحادث أو جرح .

عندما يلامس الدم النازف من الوعاء الدموي أي شيء ما عدا بطانة الوعاء الدموي الداخلية ، يبدأ التجلط بسلسلة من التفاعلات بين مواد مختلفة منحلة في بلازما الدم ، ومركب يتحرر من خلايا الصفائح الدموية. وتتم عملية التجلط في غضون ٥- ١٠ دقائق. ويمكن توضيح خطوات عملية التجلط كما يلي :

١) عندما ينزف الدم من الوعاء الدموي ، تتكسر الصفائح الدموية الملامسة لمكان الجرح وينطلق منها أنزيم نشط يسمى الثرمبوبلاستين (Thromboplastine). الذي يوقف فعل الهيبارين فيصبح الدم قابلاً للتجلط.

٢) يقوم أنزيم ثرمبوبلاستين وبمساعدة أيونات الكالسيوم ، بتحويل مادة بروتينية منحلة في بلازما الدم تسمى بروثرومبين (Prothrombin)، من حالة غير نشطة إلى حالة نشطة تسمى ثرومبين (Thrombin). (و مما تجدر ملاحظته هنا أن أنزيم البروثرومبين الخامل يتكون في الكبد بمساعدة فيتامين ك (k).

٣) يؤثر الثرومبين على بروتين منحل في بلازما الدم يسمى فايبرينوجين (Fibrinogen) ويحوله إلى فايبرين (Fibrin). والفايبرين عبارة عن بروتين غير منحل تتكتل جزيئاته لتنتج شبكة من الألياف تحصر بينها خلايا الدم الحمراء فتتشكل الجلطة الدموية ويتوقف النزيف .

١- أي جرح في جدار الأوعية الدموية

٢- تتجمع الصفائح الدموية حول مكان الجرح وتطلق أنزيم الثرمبوبلاستين الذي يحول البروثرومبين إلى ثرومبين

٣- يؤثر الثرومبين على الفايبرينوجين ويحوله إلى فايبرين الذي يشكل جلطة توقف النزيف

الجلطة الدموية

السؤال الأول : اختر الإجابة الصحيحة لكل من

التقويم

العبارات الآتية :

١) أحد المخلوقات الحية الآتية يفتقد إلى وجود الجهاز الدوري :

أ) الضفدع ب) دودة الأرض جـ) الهيدرا د) الحلزون .

٢) أي المخلوقات الحية الآتية يملك قلباً ؟

أ) الأميبا ب) البرامسيوم جـ) الإسفنج د) الجراد .

٣) أي الأوعية أو الحجرات الآتية في الجهاز الدوري للإنسان يحتوي على دم غير مؤكسج ؟

أ) الأذين الأيمن ب) الأذين الأيسر جـ) الوريد الرئوي د) البطين الأيسر .

٤) أي من الغدد الآتية تعتبر غدة لمفاوية ؟

أ) اللوزتان ب) الغدة الدرقية جـ) الغدد اللعابية د) البنكرياس .

السؤال الثاني: ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (x) أمام العبارة الخاطئة في الجمل الآتية :

١) يتم نقل المواد الغذائية المهضومة في الطلائعيات بواسطة الانتشار . ( )

٢) تدخل الأملاح المعدنية إلى النبات على شكل أيونات . ( )

٣) الجزء الرئيسي في نسيج الخشب هو الأنابيب الغربالية . ( )

٤) يمتلك حيوان الجراد جهازاً دورياً من النوع المفتوح . ( )

٥) تقوم خلايا الدم الحمراء بتنقية اللمف من البكتيريا والمواد الضارة . ( )

السؤال الثالث : أكمل الفراغ بما يناسبه فيما يأتي :

١) يتم امتصاص الماء في النبات عن طريق الشعيرات الجذرية بواسطة الخاصية .....

٢) يتم نقل الغذاء الجاهز في النباتات بواسطة نسيج ..... .

٣) يدخل السائل اللمفاوي ، الدورة الدموية عن طريق الوريد ..... .

٤) تسمى المادة التي تمنع تجلط الدم داخل الأوعية الدموية بـ ..... .

السؤال الرابع : اكتب (بما لا يتجاوز ثلاثة أسطر) عما يأتي :

١ . انتقال الأملاح المعدنية إلى الشعيرة الجذرية .

٢ . آلية تجلط الدم عند حدوث جرح لإنسان طبيعي .

السؤال الخامس : قارن بين :

١ .الجهازين الدوريين المغلق والمفتوح من حيث التركيب والوظيفة .

٢ . الدم واللمف من حيث التركيب.

٣. نبضات ودقات القلب.

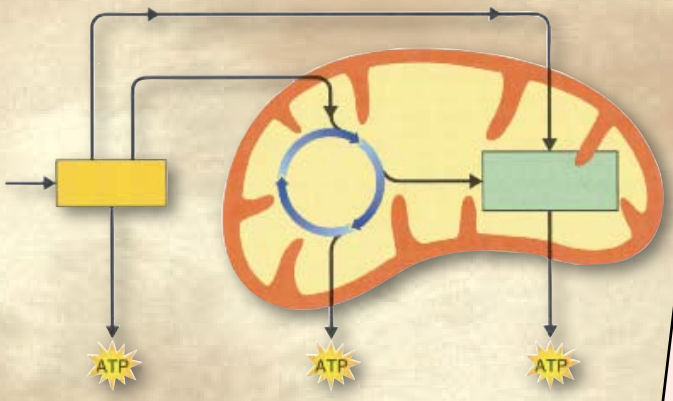
٤ . جذر وساق نبات من ذوات الفلقتين من حيث التركيب.

السؤال السادس: كيف تحدث عملية نقل الغذاء في المخلوقات الحية الآتية :

-١ البدائيات. -٢ النبات. -٣ الجراد. -٤ دودة الأرض.

١٠

عمليات التنفس وتبادل الغازات



الأهـداف

يتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل أن :

١) تقارن بين عملية التنفس اللاهوائي (التخمر) وعملية التنفس الهوائي .

٢) تصف طريقة التنفس وتبادل الغازات في النباتات المائية والبرية.

٣) تقارن بين عملية التنفس وعملية البناء الضوئي في النباتات .

٤) توضح طريقة تبادل الغازات في الحيوانات التي لا تحتوي على جهاز تنفسي .

٥) تشرح طريقة تبادل الغازات في الحيوانات التي تحتوي على جهاز تنفسي .

٦) تصف تركيب الأجهزة التنفسية في الحيوانات .

٧) تتبع الطريق الذي يسلكه الهواء عند تنفس الإنسان .

٨) تصف عملية تبادل الغازات في الإنسان .

٩) تتأمل قدرة الله سبحانه وتعالى ، من خلال دراستك لطرق تبادل الغازات في المخلوقات الحية .

مقدمة :

إن المخلوق الحي يحصل على غذائه ثم يهضمه ومن ثم يمتصه ويوزعه إلى جميع أجزاء جسمه حتى تقوم كل خلية حية بالاستفادة منه.

كيف يتم استعمال هذه المواد الغذائية في خلايا المخلوق الحي للاستفادة منها ؟

وما المواد اللازم توافرها في خلايا المخلوق الحي حتى تتمكن من الاستفادة من هذه المواد ؟

إن الإجابة عن هذين السؤالين تتطلب البحث في عملية التنفس وتبادل الغازات . فما التنفس ؟

التنفس هو: (**مجموعة التفاعلات الكيميائية الحيوية التي تتم داخل كل خلية من خلايا الجسم وينتج عنها طاقة يستعملها المخلوق الحي في جميع وظائفه الحيوية**).

أن عملية التنفس تقع في مستويين هما :

١) **التنفس العام** (General Respiration)

وهي العملية التي تحدث على مستوى المخلوق الحي (عملية تبادل الغازات التي تدخل في أو تنتج عن جملة التفاعلات الكيميائية التي تحصل عند القيام بالتنفس الخلوي)

٢) **التنفس الخلوي** (Cellular Respiration)

وهي العملية التي تحدث فيها تفاعلات كيميائية داخل الخلية وتنقسم إلى نوعين (التنفس الهوائي والتنفس اللاهوائي).

وسيتم دراسته بالتفصيل لاحقاً في هذا الفصل .

المخلوقات الحية التي تستعمل طريقة التنفس الهوائي معظمها معقد التركيب. ولهذا تتميز بوجود أجهزة خاصة للقيام بعملية تبادل الغازات بين البيئة والطبقات القريبة من سطح المخلوق الحي (السطوح التنفسية - Respiratory Surfaces) وأجهزة أخرى تقوم بعملية نقل هذه الغازات بين السطوح التنفسية والخلايا.

أما أجهزة النقل فقد درستها في الفصل السابق وسنستعرض هنا الطرق التي هيأها الخالق سبحانه لبعض المخلوقات لتحل بها مشكلة تبادل الغازات بين البيئة التي تعيش فيها وبين سطوحها التنفسية أو خلاياها إن كانت قريبة من الوسط الذي يعيش فيه المخلوق الحي.

التنفس في البدائيات والطلائعيات :

لا تحتاج البدائيات كالبكتيريا أو الطلائعيات كالأميبا والباراميسيوم إلى أجزاء خاصة لتبادل الغازات لأن عملية الانتشار من خلال أغشيتها الخلوية كافية لهذا الغرض.

التنفس و تبادل الغازات في النباتات :

يتصور الكثيرون أن عملية الحصول على الأكسجين هي أمر خاص بالحيوانات لا النباتات، وأن النباتات تقوم بأخذ ثاني أكسيد الكربون وطرد الأكسجين فقط. ولكن هذا أمر خاطئ، فالنباتات تتنفس بأخذ الأكسجين وطرد ثاني أكسيد الكربون ليلاً ونهاراً وهي في الوقت نفسه تقوم بعملية البناء الضوئي في أجزائها الخضراء، وبوجود الضوء، فتأخذ ثاني أكسيد الكربون وتطرد الأكسجين، ولما كانت سرعة عملية البناء الضوئي هي أسرع من التنفس فإن الناتج الصافي بالنسبة للغازات المتبادلة هو أخذ ثاني أكسيد الكربون و طرد الأكسجين وهذا هو سبب اللبس الذي يحصل عند بعض الناس في بعض الأحيان. ولو أخذنا نباتاً أخضر في الظلام أو نباتاً بدون أوراق في النهار ودرسنا الغازات المتبادلة فيه لوجدنا أن مثل هذه النباتات تقوم بأخذ الأكسجين و طرد ثاني أكسيد الكربون لعدم قدرتها على القيام بعملية البناء الضوئي.

النبات الأخضر في النهار	
عملية التنفس	عملية البناء الضوئي
أخذ الأكسجين وطرد ثاني أكسيد الكربون	أخذ ثاني أكسيد الكربون وطرد الأكسجين

↓

الناتج الصافي: أخذ ثاني أكسيد الكربون وطرد الأكسجين ، لأن عملية البناء الضوئي أسرع من عملية التنفس.

النبات الأخضر في الظلام أو نبات بدون أوراق في النهار
عملية التنفس

↓

الناتج الصافي: أخذ الأكسجين وطرد ثاني أكسيد الكربون، لأن النبات هنا غير قادر على القيام بعملية البناء الضوئي .

التنفس في النباتات المائية :

نبات مائي

لا تحتاج معظم النباتات المائية إلى جهاز تنفسي لتبادل الغازات نظراً لأن معظم خلاياها تكون قريبة أو على اتصال دائم بالوسط الذي تعيش فيه. وحتى في بعض الطحالب البنية التي يصل نموها مايقارب ١٠٠ متر تبقى معظم خلاياها قريبة من سطح الماء لأن نمو مثل هذه الطحالب يحصل في اتجاهين فتبقى الأوراق في شكل طبقة رقيقة جدا من الخلايا. وفي الأجزاء الأكثر سمكاً من هذا الطحلب تبقى الخلايا على اتصال دائم مع الوسط المائي عن طريق فراغات بين خلوية تكون مملوءة بالماء المتصل مع الوسط، وبهذا تبقى وكأنها على اتصال دائم مع الوسط الذي تعيش فيه. في هذه النباتات المائية التي تتميز بارتفاع نسبة السطح إلى الحجم تحصل عملية تبادل الغازات من خلال معظم سطح النبات عن طريق عملية الانتشار المباشر (Direct Diffusion) بين خلايا النبات والماء وبالعكس.

التنفس في النباتات البرية :

إن النباتات البرية نسبة سطوحها إلى حجمها أقل بكثير ولهذا فكثير من خلاياها بعيدة عن الوسط الخارجي الذي تعيش فيه لذا يكون لها تراكيب خاصة لتبادل الغازات ونقلها إلى الخلايا العميقة.

التراكيب الخاصة بتبادل الغازات في النباتات البرية :

١) الثغور (Stomata)

وهي عبارة عن فتحات تصل مابين النسيج الداخلي للورقة والوسط الخارجي، ويحاط كل ثغر بخليتين متميزتين هما الخليتان الحارستان اللتان تحتويان على بلاستيدات بها صبغة اليخضور خلافاً لما تكون عليه خلايا البشرة الأخرى للورقة التي لا تحتوي على بلاستيدات خضراء. وتعمل الخليتان الحارستان على تنظيم فتح الثغر وإغلاقه حسب الحاجة، فإذا امتلأت هاتان الخليتان بالماء حسب آلية فتح الثغور فإنهما تنتفخان، وينفتح الثغر أما إذا خرج الماء من الخليتان الحارستين فإنهما تصبحان مسطحتين، ويقفل الثغر.

إن الثغور تؤدي وظيفة متناسقة حيث تسمح بتبادل الغازات وتنظيم تبخر الماء من سطوح الأوراق بعملية النتح.

فكّر

لماذا يزيد عدد الثغور في طبقات البشرة السفلى لأوراق النباتات البرية مقارنة بعددها في طبقات البشرة العليا ؟

نشاط عملي

دراسة الثغور

الأدوات والمواد اللازمة :

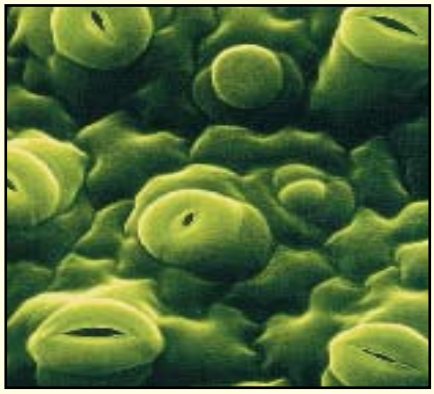
مجهر مركب، شريحة زجاجية، غطاء شريحة، ورقة نبات الفول أو أي نبات ملائم للتجربة .

طريقة العمل :

١) انزع البشرة السفلى للورقة ثم ضع السلخة للبشرة المنزوعة على شريحة زجاجية وعليها قطرة ماء وغطها بغطاء الشرائح.

٢) افحص الشريحة بقوة التكبير الصغرى، ثم بالكبرى ماذا تلاحظ ؟ .....

ارسم الثغور والخلايا الحارسة .....



الثغـــور

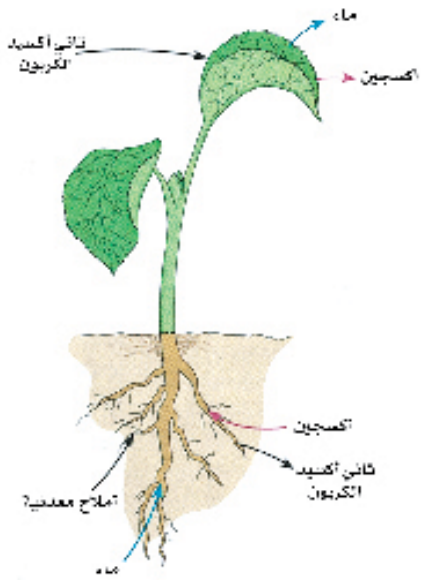
معلومات إثرائية

تبادل الغازات في الورقة:

إن نظرة فاحصة لتركيب الورقة توضح أن هناك تناسقاً بين التركيب والوظيفة المتعلقة بتبادل الغازات فالنسيج الأسفنجي يتكون من خلايا مفصولة بعضها عن بعض (بفراغات) بين خلوية كبيرة وذلك لزيادة سطوح التبادل الغازي ، ولكي تكون هذه الفراغات متصلة مع المحيط من خلال الثغور. وتكون نسبة الرطوبة في هذه الفراغات مقاربة ١٠٠٪ حيث إن كل خلية هناك تكون محاطة بطبقة رقيقة من الماء على جدارها. وأما طبقات البشرة والكيوتيكل **Cuticle** فتعمل كحواجز بين الهواء الجاف في الخارج وبين الهواء الرطب في داخل نسيج الورقة. وعلى هذا فإن الغازات تدخل من خلال الثغور وتذوب في غشاء الماء المحيط بكل خلية قبل أن تصل إلى داخل الخلايا نفسها. وتنتقل الغازات من خلية إلى أخرى عن طريق الانتشار الغشائي.

٢) العُديسات (Lenticels):

وهي فتحات توجد في الأشجار ذات السيقان الصلبة في طبقاتها الخارجية، تقوم بوظيفة تبادل الغازات.



نشاط عملي

افحص شرائح جاهزة تبين العديسات في الساق وارسمها.

٣) الجذور (Roots):

إن الجذور تقوم بتبادل الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون والأكسجين دون الحاجة إلى تراكيب خاصة بذلك، حيث أن الغازات يمكن لها أن تنتشر من خلال الأغشية الرطبة للشعيرات الجذرية وخلال البشرة.

نشاط عملي

انطلاق الحرارة في عملية التنفس:

الأدوات والمواد اللازمة:

بذور فول، ٢ ترموس (حافظ للحرارة)، ٢ ترمومتر مئوي، ٢ سدادة، مصدر لهب .

طريقة العمل:

- ضع كمية من بذور الفول في ماء على لهب حتى يغلي وذلك لقتل أجنة البذور (بذور ميتة).
- ضع هذه الكمية في حافظ الحرارة (الترموس) رقم (١).
- ضع كمية مساوية للكمية السابقة من بذور الفول التي لم تغلى في حافظ الحرارة (الترموس) رقم (٢).
- سد فوهة كل من الحافظتين بسدادة الفلين .
- ضع في كل ترموس ترمومتر مئوي ينغمس مستواه في البذور عبر السدادة.
- سجل الحرارة قبل بدء التجربة في كل مقياس مئوي.
- بعد مدة سجل درجة الحرارة في كل مقياس مئوي.
- سجل ملاحظاتك.

.....

- ماذا تستنتج ؟ .....

التنفس وتبادل الغازات في الحيوانات :

التنفس وتبادل الغازات في الحيوانات التي لا تحتوي على جهاز خاص بالتنفس :

هناك حيوانات صغيرة الحجم عديدة الخلايا تفتقد وجود أجهزة خاصة للتنفس، لأن أجسامها هيأها الله سبحانه وتعالى بجعل خلاياها قريبة من الوسط الذي تعيش فيه وتتنفس بواسطة الانتشار مثل بعض اللافقاريات كالهيدرا ودودة الأرض .

➤ التنفس في الهيدرا:

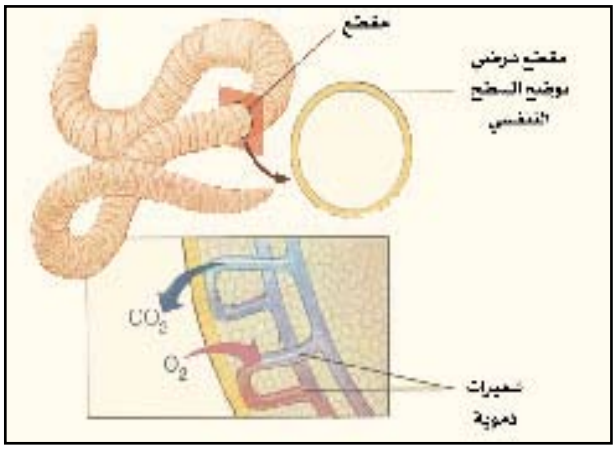
يتم التنفس في الهيدرا بطريقة الانتشار المباشر، حيث يوجد لها تجويف جوفمعوي يسمح بتعرض الخلايا الداخلية إلى الوسط المائي الذي تعيش فيه، مما يسهل عملية التبادل بين غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون.

وتتم عملية تبادل الغازات إما مباشرة من خلال سطح الجسم، وإما من بين خلايا الطبقة الداخلية والتجويف الجوفمعوي. ونظراً لصغر حجم جسم الهيدرا ورقة جدرانها وقرب خلايا طبقتي الجسم من الماء الخارجي والماء الذي يدور داخل التجويف الجوفمعوي، فيمر الأكسجين بسهولة بالانتشار من الماء الخارجي إلى الخلايا.

➤ التنفس في دودة الأرض:

تمثل دودة الأرض حيواناً أكثر تعقيداً من الهيدرا فهي تفتقر إلى التجويف الجوفمعوي، ونسبة سطحها إلى حجمها أقل بكثير مما هي عليه في الهيدرا. هذا بالإضافة إلى أن خلايا جسمها فيما عدا الطبقات الخارجية للجلد تقع في مواقع بعيدة عن البيئة التي تعيش فيها وتتميز هذه الدودة بأن لها جهازاً دورياً مغلقاً.

بالرغم من كل ما سبق فإن دودة الأرض لا يوجد لها جهاز متخصص للتنفس. ولكنها تحصل على الأكسجين كما تطرد ثاني أكسيد الكربون عن طريق عملية الانتشار من خلال الجلد الذي يغطى بطبقة مخاطية رطبة تحتوي على غازات مذابة. وحيث أن جلد دودة الأرض يحتوي على كثير من الشعيرات الدموية التي تصل إلى مناطق قريبة جداً من سطح الدودة، فإن عملية تبادل الغازات بين الشعيرات الدموية والوسط الذي تعيش فيه يكون أمراً يسيراً. ويقوم الدم بعد ذلك بنقل الغازات بين خلايا الجسم البعيدة عن السطح وبين الجلد .



تبادل الغازات في دودة الأرض

التنفس و تبادل الغازات في الحيوانات التي تحتوي على أجهزة متخصصة للتنفس :

تمتلك الحيوانات التي تحتوي على أجهزة تنفسية سطوح تنفسية، يمكن تقسيم هذه السطوح التنفسية إلى قسمين :

١) سطوح تنفسية مثنية للداخل، ومن أمثلتها القصبات الهوائية الموجودة في الحشرات وفي رئتي الإنسان.

٢) سطوح تنفسية مثنية للخارج ومن أمثلتها خياشيم الأسماك .

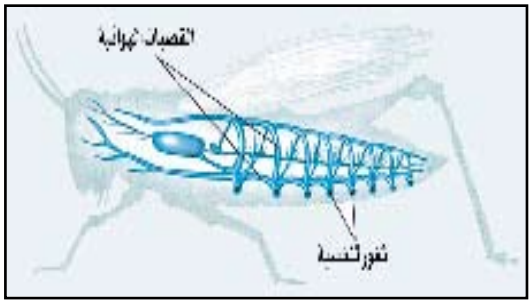
وسواء كانت السطوح متجهة للداخل أو للخارج فالهدف منها هو زيادة السطح التنفسي للتمكن من تبادل الغازات بين الحيوان وبيئته بشكل كافٍ .

وسوف ندرس أمثلة لبعض السطوح التنفسية في المخلوقات الحية .

١) التنفس عن طريق القصبات الهوائية (Tracheae)

القصبات الهوائية هي نوع من السطوح المثنية للداخل. وهي أجهزة التنفس الخاصة بالحشرات، وبعض الحيوانات الأخرى مفصلية الأرجل.

وسنأخذ مثالاً على ذلك القصبات الهوائية في الجراد. فالهواء يدخل إلى القصبات الهوائية من خلال فتحات جانبية تعرف بالثغور النفسية (Spirales) وهناك يمر الهواء إلى أكياس هوائية لخزن الهواء لتنظيم عملية التنفس. ويتفرع من هذه الأكياس الهوائية قصبات تبدأ متسعة ثم تتشعب إلى قصيبات أصغر حتى تصل إلى خلايا الجسم بشكل اتصال مباشر، وبهذا تتمكن الخلايا من أخذ الأكسجين وطرد ثاني أكسيد الكربون عن طريق الانتشار خلال جدران الأنابيب الهوائية الرفيعة وقد تختلف الثغور التنفسية في أشكالها وحجومها وتراكيبها في الحشرات المختلفة. وهي ليست مجرد فتحات لدخول الهواء بدون أي تنظيم، بل إن لها تراكيب خاصة للانغلاق والانفتاح حسب الحاجة، وبهذا تتمكن الثغور من ضبط عملية التنفس . وتتم عملية التنفس عن طريق حركات عضلات خاصة موجودة في بطن الحشرة وتتم عملية الشهيق (Inspiration) عند



القصبات الهوائية في الجراد

ارتخاء العضلات البطنية، الأمر الذي يؤدي إلى اتساع تجويف البطن، ودخول الهواء إلى القصبات الهوائية عن طريق الثغور التنفسية المفتوحة. أما عملية الزفير (Expiration) فإنها تحصل عندما تنقبض العضلات البطنية وينكمش البطن مما يؤدي إلى اندفاع الهواء إلى الخارج من خلال الثغور التنفسية المفتوحة أيضا. لاحظ أننا ذكرنا أن الثغور التنفسية تكون مفتوحة لإتمام عمليتي الشهيق والزفيراً وهذا مهم لأنه لو كانت الثغور مغلقة وانكمش البطن. فإن ذلك سيؤدي إلى دفع الهواء من القصبات الكبيرة إلى القصيبات الدقيقة القريبة من الخلايا.

لقد لاحظنا في الفصل السابق أن الحشرات لها جهاز دوري لا علاقة له بنقل الغازات بين الخلايا والوسط الذي تعيش فيه هذه الحيوانات. وهذه الحقيقة تحتم على الحشرات أن يكون لها جهاز تنفسي مستقل وفعال يوصل بين البيئة التي تعيش فيها وبين الخلايا دون الحاجة إلى جهاز نقل خاص بتبادل الغازات فسبحان من خلقها.

نشاط عملي

افحص مجسم (نموذج) لتركيب الجرادة لتتعرف على تركيب جهازها التنفسي ولاحظ الأجزاء المكونة له وارسمه.

الخياشيم هي نوع من السطوح التنفسية المثنية للخارج هدفها زيادة السطح التنفسي المواجه للوسط المائي التي تعيش فيه الحيوانات التي تستخدم الخياشيم كوسيلة للتنفس، مثل معظم الحيوانات المائية كالأسماك وبعض الديدان المائية والقشريات والرخويات .

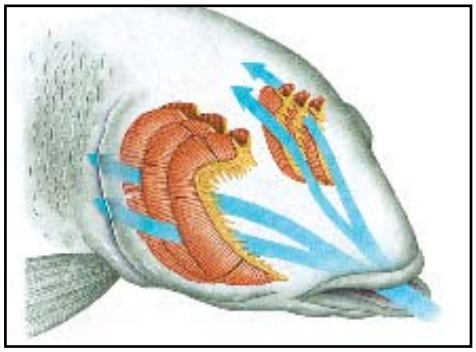
أشكال الخياشيم :

تختلف الخياشيم في تعقيدها من حيوان لآخر، لذلك يكون له عدة أشكال مثل :

١) شكل بروزات جلدية بسيطة مثنية للخارج كما في نجم البحر.

٢) شكل بروزات قدمية جانبية كما في بعض الديدان الحلقية المائية .

٣) خيوط دقيقة غنية بالشعيرات الدموية مدعمة بتراكيب عظمية، وكل خيط من هذه الخيوط يتكون من



الخياشيم في الأسماك

صفائح تنتشر بها شعيرات دموية كثيرة. كما في الأسماك ولا تبتعد هذه الشعيرات الدموية عن الوسط المائي الذي تعيش فيه الأسماك إلا بسمك خليتين إحداهما هي خلية الشعيرة نفسها، والأخرى هي الخلية الطلائية للصفيحة الخيشومية، ولهذا فإن عملية تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون تتم بطريقة الانتشار المباشر.

يجب أن يمر الماء باستمرار على سطوح الخياشيم في الأسماك ويتم ذلك عن طريق أخذ الماء خلال الفم ثم إغلاق الفم لدفع الماء حول الخياشيم ثم خروجه إلى الخارج .

والسبب في أن الماء يجب أن يمر باستمرار على سطوح الخياشيم ما يلي :

١) أن الماء بالمقارنة مع الهواء يحتوي على كميات قليلة من الأكسجين المذاب .

٢) أن سرعة انتشار الأكسجين في الوسط المائي هي أقل بكثير من سرعة انتشاره في الوسط الغازي .

تـأمـل

الخياشيم بطبيعتها تراكيب هشة قابلة للتلف إذا لم تكن هناك طريقة لحفظها وتغطيتها عن العوامل الخارجية التي قد تؤثر عليها. ولهذا فإننا نرى أن بعض الحيوانات قد وهبها الله سبحانه وتعالى طُرقاً بواسطتها تُحافظ على سلامة خياشيمها، ففي نجم البحر توجد أشواك خاصة تُحيط بالخياشيم لحفظها. وفي القشريات تُغطى الخياشيم بواسطة أصداف هذه الحيوانات. وفي حيوان المحار تحفظ الخياشيم داخل غلاف البرنس. أما في الأسماك العظمية فُتحاط الخياشيم بغطاء خاص يُعرف بالغطاء الخيشومي لوقايتها من أثر العوامل الخارجية.

نشاط عملي

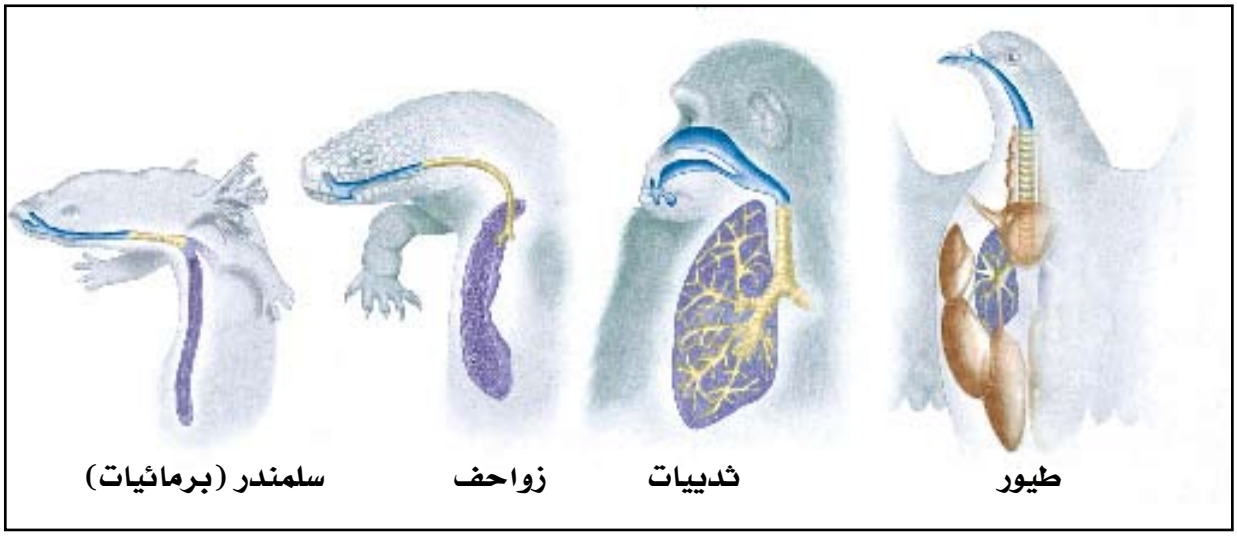
احصل على عينات طازجة لبعض الأسماك العظمية، ولاحظ الغطاء الخيشومي الذي يحمي الخياشيم، وافحص الخياشيم فيها.

٣. التنفس بواسطة الرئتين (Lungs):

تستخدم الزواحف والطيور والثدييات بالإضافة إلى القواقع البرية والبرمائيات، كالضفادع اليافعة، الرئتين كسطوح لتبادل الغازات بين الوسط الذي تعيش فيه وبين الدم، وهو السائل الذي ينقل هذه الغازات من خلايا الجسم المختلفة وإليها في هذه الحيوانات .

وإن نظرة فاحصة للأجهزة التنفسية لهذه الحيوانات تبين أنها عبارة عن سطوح تنفسية مثنية للداخل. وبهذه التحورات تكوّن الرئتان وأعضاء الجهاز التنفسي الأخرى في هذه الحيوانات وسطاً رطباً بالإضافة إلى كونها محتوية على مساحة كبيرة جداً لتبادل الغازات .

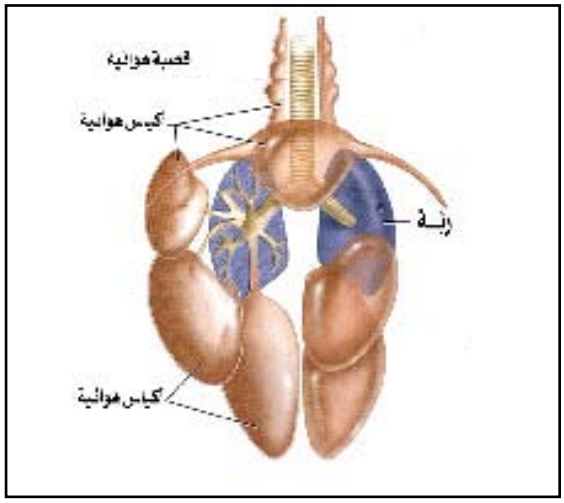
أشكال الرئتين :



تختلف الحيوانات التي تستخدم الرئتين في التنفس في درجة تعقيد رئتيها، لذلك يكون لها عدة أشكال مثل :

١) **الرئتان في بعض البرمائيات**: وهي عبارة عن ثنيات بطنيه برزت من القناة الهضمية في منطقة البلعوم كما هي الحال في بعض أنواع السلمندر (حيوان برمائي) وفي مثل هذه الحيوانات تكون الرئتان عبارة عن كيسين بسيطين لا حويصلات لهما، ويعتبر هذا الشكل أبسط أشكال الرئتين .

٢) **الرئتان في الطيور**: وهذه لا تحتوي على حويصلات هوائية وتستبدل الحويصلات الهوائية هنا بشعيرات هوائية تنتشر في نسيج الرئة ويحصل تبادل الغازات بين هذه الشعيرات الهوائية وبين الدم في الشعيرات الدموية منها. كما أن رئتي الطيور يتصل بهما عدد من الأكياس الهوائية تساعدهما على التنفس في أثناء الطيران وتمتد هذه الأكياس لتشغل تجاويف كثيرة في الجسم حتى إنها قد تحتل بعض من الحيزات في نخاع العظام.



الرئات في الطيور

٣) **الرئتان في الثدييات**: وتكون غاية في التعقيد ففي مثل هذه الحيوانات (الثدييات) تتفرع الرئتان من الداخل إلى حويصلات هوائية كثيرة جداً لزيادة سطح تبادل الغازات بشكل كبير، وجدار هذه الحويصلات يتكون من طبقة من الخلايا الطلائية الرطبة الغنية بالشعيرات الدموية.

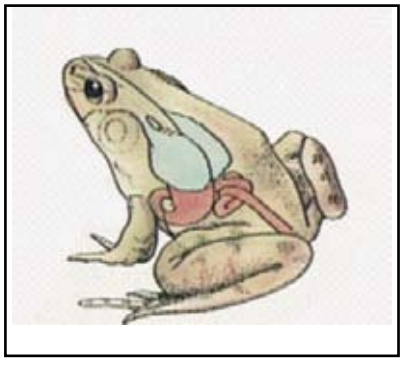
نشاط عملي

بمساعدة معلمك قم بتشريح الحيوانات الآتية للتعرف على تركيب الرئات فيها :
الضفدع - الحمامة – الأرنب. وقارن بينها من حيث التركيب.

التنفس بأكثر من طريقة واحدة:

تستخدم كثير من الحيوانات أكثر من طريقة واحدة في تنفسها إما في الوقت نفسه وإما في أطوار مختلفة من حياتها، ومن أمثلة ذلك ما يلي:

١) الضفادع: حيث تتنفس بعدة طرق كما يلي – تنفس عن طريق الجلد، وأيضاً تستخدم السطح الداخلي لتجويف الفم لتبادل الغازات،


الضفدع

كما أنها تستخدم رئتيها في التنفس،كما أن أطوار الضفادع الأولى (أبو ذنيبة) التي تعيش معيشة مائية تستخدم الخياشيم كسطوح لتبادل الغازات، وتختفي هذه الخياشيم عندما يصبح الضفدع يافعاً وتستبدل بالرئتين.

-٢ أجنة الزواحف والطيور في البيض: تتنفس عن طريق تبادل الغازات على السطوح التنفسية الممثلة بأغشية (الكوريون) (والألنتويس) التي تحيط بالجنين.

-٣ أجنة الثدييات: تستخدم غشاء المشيمة كسطح لتبادل الغازات بين دم الأم ودم الجنين.

التنفس عند الإنسان :

الطريق الذي يسلكه الهواء الخارجي حتى يصل إلى الرئتين: (انظر الشكل ص ٩٤)

١) **الممرات الأنفية**: وهي الطريقة الأساسية المهيأة لتنقية الهواء من الشوائب عن طريق الشعر الموجود فيها كما أن وجود أغشية مخاطية غنية بالشعيرات الدموية يعمل على ترطيب الهواء الداخل وجعله دافئاً بالإضافة إلى أهمية المخاط كمادة قاتلة لبعض الجراثيم الداخلة مع الهواء .

٢) **البلعوم**: وهو عبارة عن ملتقى لطريقي الهضم والتنفس.

٣) **الحنجرة**: وهي عبارة عن صندوق غضروفي يؤدي وظيفة إحداث الصوت بالإضافة إلى وظيفته التنفسية. أما وظيفة الحنجرة في إحداث الصوت فسببها وجود حبال صوتية تحدث الصوت باهتزازها عند مرور الهواء بدرجات مختلفة.

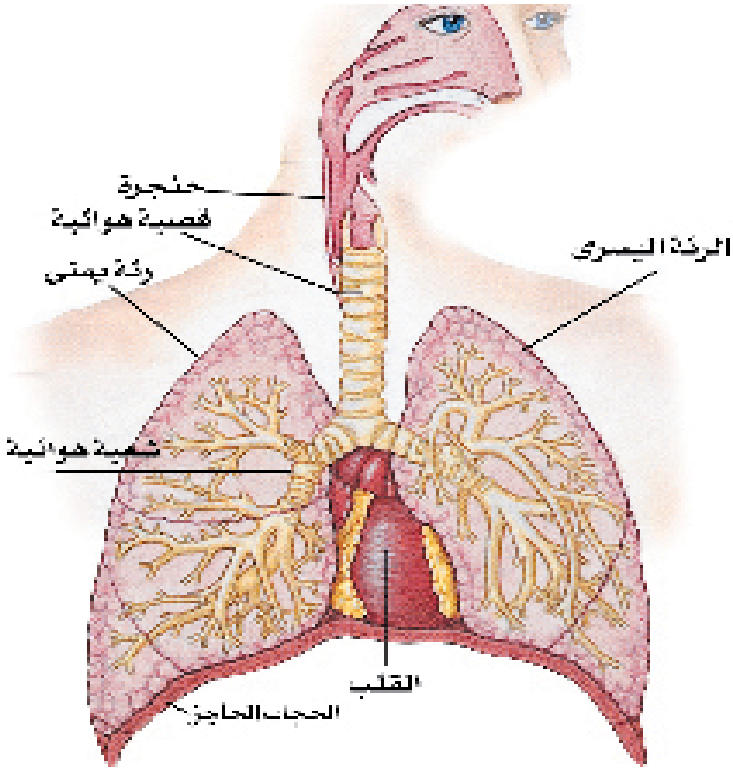
٤) **القصبة الهوائية**: وهي عبارة عن أنبوبة أسطوانية الشكل، تدعم بحلقات غضروفية لتجعلها مفتوحة باستمرار لمرور الهواء. وهذه الحلقات ناقصة الاستدارة من الخلف لتسمح بحركة المريء خلفها ومرور البلعة الغذائية فيه إلى المعدة.

الأحياء في حياتنا

حساسية الأنف :

تعتبر حساسية الأنف من أكثر أنواع الحساسية انتشاراً، وهي عبارة عن التهاب في الأغشية المخاطية المبطنة للأنف، وهي نوعان فهناك حساسية الأنف الموسمية (حمى القش) وتسببها بعض المواد الموجودة خارج المنزل مثل حبوب اللقاح لبعض النباتات وبعض أنواع الفطريات التي ينقلها الهواء، والنوع الآخر حساسية الأنف المزمنة و تسببها ريش الطيور وشعر الحيوانات المنزلية والأتربة والغبار والصراصير والفطريات. مما

ينتج عنه ظهور أعراض الحساسية وهي رشح في الأنف وعطاس واحتقان وحكة في الأنف وسقف الحلق أو العينين. إن إفراز مادة الهستامين في الجسم هو الذي يسبب حدوث أعراض الحساسية من رشح وحكة وغيرها ... ، ولذلك فإن جميع أنواع الأدوية المستخدمة في علاج الحساسية هي أدوية تعمل كمضادات لمادة الهستامين أي لمنع إفرازه في الجسم ولذلك عند معرفتك بمساعدة الطبيب نوع الحساسية يجب عليك تجنب مثيرات الحساسية لديك ..

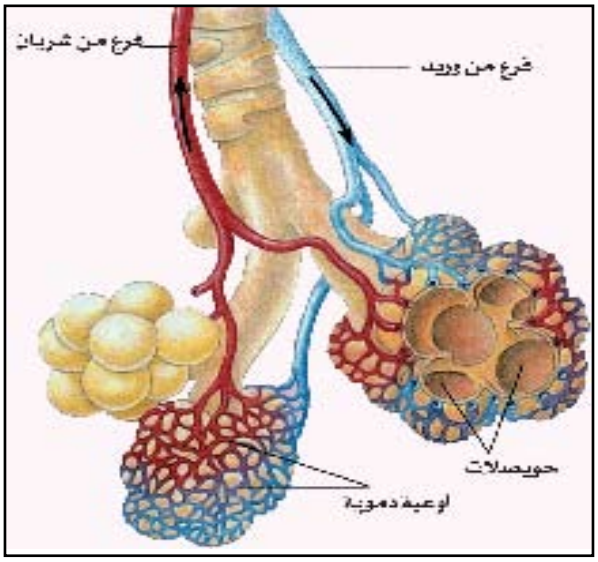


الجهاز التنفسي في الإنسان

والقصبة الهوائية مبطنة بخلايا لها أهداب، تعمل هذه الأهداب بحركتها التموجية على تحريك المخاط وما به من دقائق غريبة إلى أعلى القصبة الهوائية لطرده للخارج.

تخترق القصبة الهوائية التجويف الصدري وتنقسم في أسفلها إلى شعبتين هوائيتين تؤدي كل منهما إلى رئة. ويدعم هاتين الشعبتين الهوائيتين وفروعهما الآتية حلقات غضروفية لكي تكون مفتوحة باستمرار لمرور الهواء. وفي الرئة تتفرع كل شعبة هوائية إلى شعيبات أصغر فأصغر. وتنتهي الشعيبات النهائية الدقيقة جداً بالحويصلات الهوائية.

٥) **الحويصلات الهوائية** : وهي عبارة عن أكياس غشائية صغيرة، تتميز جدرانها بأنها رقيقة جداً فهي عادة تكون بسُمك خلية واحدة. ويحيط بهذه الجـدران شبكة كثيفة من الشعيرات الدموية، وهي كبيرة العدد، لذا فإن مساحة سطح الحويصلات الهوائية في الإنسان تقدر بحـوالي ٩٠م٢ . ويحـصل تبـادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين تجويف الحويصلة الهوائية والدم عن طريق الانتشار البسيط.



تركيب الحويصلات الهوائية

نشاط عملي

افحص نموذج لتركيب الجهاز التنفسي في الإنسان ولاحظ الأجزاء التي يتكون منها وارسمه.

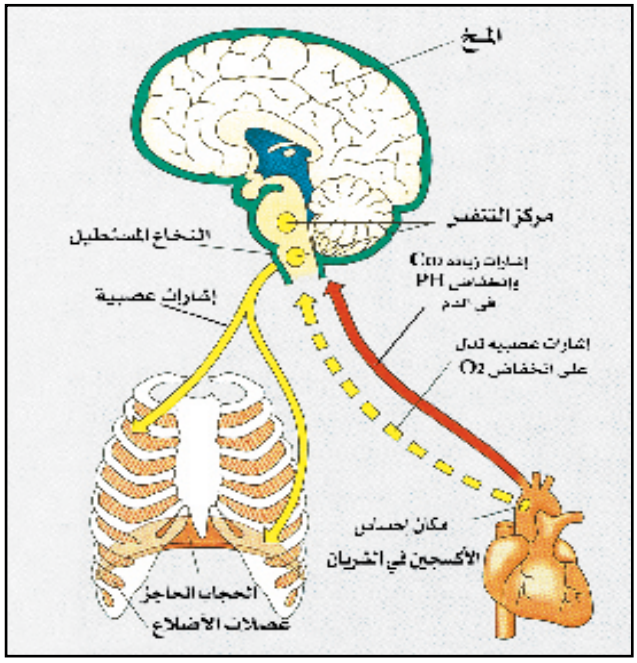
آلية التنفس في الإنسان :

إن عملية دخول الهواء من الخارج إلى الرئتين وبالعكس هي إحدى العمليات التي تسمى التنفس (Breathing) وهي عملية ميكانيكية تتم بمساعدة عضلات القفص الصدري، وعضلة الحجاب الحاجز، وتقع عضلة الحجاب الحاجز بين التجويف الصدري (الذي يحوي القلب والرئتين) والتجويف البطني (الحشوي)، الذي يضم بقية الأعضاء الداخلية . وتعتمد آلية التنفس في الإنسان على عمليتي الشهيق والزفير التي سبق لك دراستها في الصف الأول الثانوي.

التنظيم العصبي والكيميائي لعملية الشهيق والزفير:

تقع حركات عضلات الضلوع والحجاب الحاجز تحت سيطرة الجهاز العصبي الذاتي حيث أن هناك مركزاً تنفسياً في النخاع المستطيل يعمل على ضبط عملية الشهيق و الزفير. يرسل هذا المركز سيالات عصبية إلى عضلات الضلوع والحجاب الحاجز لتحثها على الانقباض لكي تتم عملية الشهيق.

وعندما يدخل الهواء إلى الرئتين تتمدد. وعند تمددها تستثار مستقبلات خاصة هناك فترسل سيالات عصبية إلى المركز التنفسي لتعمل على كبح نشاطه في إرسال السيالات العصبية لعضلات الضلوع والحجاب الحاجز، وبهذا فإن هذه العضلات تستريح وتعود إلى مواضعها الأصلية فتتم عملية الزفير ولكن بإتمام عملية الزفير تتقلص الرئتان حجماً ولا يبقى هناك تأثير على مستقبلات التمدد الكابحة لنشاط المركز التنفسي . ولهذا فإن المركز التنفسي يعود لإرسال سيالاته العصبية إلى عضلات الضلوع والحجاب الحاجز لتنقبض ولتحصل عملية الشهيق وهكذا دواليك .



التنظيم العصبي والكيميائي لعملية الشهيق والزفير (للاطلاع)

والجدير بالذكر أنه يمكن للإنسان أن يحبس نفسه بطريقة إرادية لوقت قصير فقط، وسبب ذلك أنه بحبس النفس يصبح تركيز ثاني أكسيد الكربون عالياً في الدم.وازدياد تركيز هذا الغاز يعمل على استثارة المركز التنفسي في النخاع المستطيل ليرسل سيالات عصبية إلى عضلات الضلوع والحجاب الحاجز، فتنقبض رغماً عن محاولة الإنسان السيطرة عليها.

معلومات إثرائية

لماذا تموت الضفادع إذا أغلق فمها بالقوة ؟

تسمى طريقة التنفس في الثدييات والطيور بالتنفس سالب الضغط، لأن الهواء لا يدفع إلى الرئتين دفعاً بل يؤخذ نتيجة نقصان الضغط في القفص الصدري. بينما الضفادع تعتمد على طريقة تنفس إيجابي الضغط بالإضافة إلى الطريقة السلبية. فالهواء يدخل إلى تجويف فم الضفدع أولاً بطريقة سلبية، لأن ذلك التجويف يتسع أولاً بإنزال قاع الفم إلى أسفل، مما يجعل الضغط الهوائي هناك أقل منه في الهواء الجوي. وبعد ذلك يغلق الضفدع فمه ليحبس الهواء في تجويف الفم، ثم يرفع قاع فمه لأعلى، فيزداد الضغط هناك، ويُدفع الهواء دفعاً إلى الرئتين، أي بطريقة الضغط الإيجابية.

عملية نقل الغازات من الخلايا و إليها.

يقوم الدم بعملية نقل الغازات بين الخلايا العميقة في الجسم وبين السطوح التنفسية في الفقاريات ويحتوي دم هذه الحيوانات على صبغة خاصة تسمى الهيموجلوبين (Hemoglobin) وهي مادة مكونة من شقين : جلوبين وهو مادة بروتينية، والهيم هو مادة حديدية بروتينية.

نقل غاز الأكسجين :

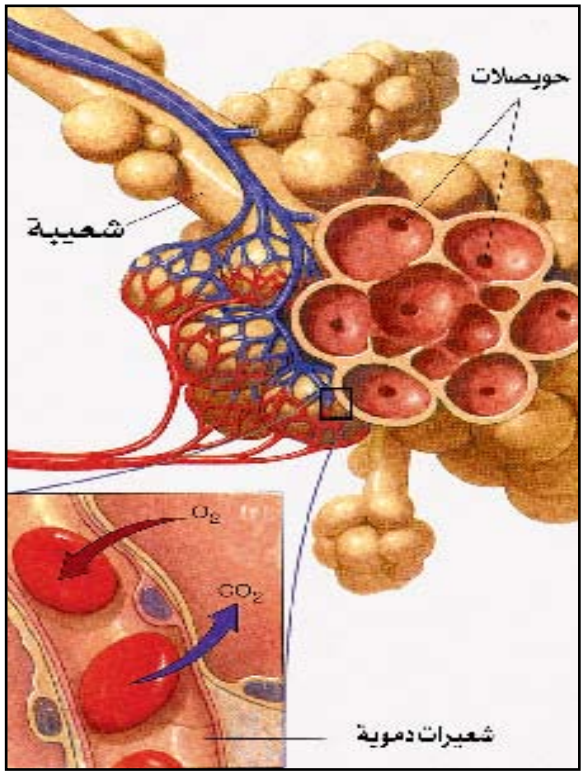
يتحد الأكسجين تحت ظروف معينة، بمادة الهيم مكوناً ما يسمى بالأكسيهيموجلوبين كما في المعادلة الآتية :

$$O_2 + Hb \longrightarrow HbO_2$$

ومركب الأكسيهيموجلوبين هذا يتميز بأنه قابل للتحلل بسهولة إلى مكوناته، لأنه غير ثابت . وهذه الخاصية تجعل الهيموجلوبين مادة مناسبة لنقل الأكسجين من الأماكن التي تحتوي على تركيز كبير منه إلى الأماكن الأقل تركيزاً.

ولو تتبعنا عملية نقل الأكسجين من تجاويف الحويصلة الهوائية في رئة الإنسان إلى الخلايا نلاحظ أن أول خطوة في هذه العملية هي انتشار الأكسجين المذاب في الطبقة المائية الملامسة لجدار الحويصلة الهوائية إلى داخل

الشعيرات الدموية الكثيرة المنتشرة في ذلك الجدار . وهذه العملية هي عملية انتشار بسيط من المنطقة الأكثر تركيزاً بالأكسجين (تجويف الحويصلة) إلى الأقل تركيزاً (داخل الشعيرات الدموية الرئوية) بعد وصول الأكسجين إلى بلازما الدم، يدخل إلى الخلايا الدموية الحمراء من خلال أغشيتها، ويتحد هناك بالهيموجلوبين مكوناً مادة الأكسيهيموجلوبين كما ذكرنا سابقاً . ثم يدور الدم حتى يصل إلى أنسجة الجسم المختلفة، وهناك تكون نسبة الأكسجين قليلة إذا قارناها بنسبة الدم القادم إلى تلك الأنسجة. ولهذا فإن الأكسيهيموجلوبين يتحلل إلى هيموجلوبين وأكسجين . أما الأكسجين فينتشر من خلال جدار الشعيرات الدموية إلى الخلايا الملاصقة ليستخدم في التنفس الخلوي أما الهيموجلوبين فيدور مرة أخرى مع الدم عائداً إلى الرئتين ليحمل جزيئات أخرى من غاز الأكسجين وهكذا .



نقل O_2 و CO_2 من وإلى الحويصلات الهوائية

نقل غاز ثاني أكسيد الكربون :

يتحد غاز ثاني أكسيد الكربون مع مادة الهيم مكوناً مركب الكربهيموجلوبين، الذي يصبغ الدم باللون الأحمر القاتم ويتم تكوين هذا المركب وتفكيكه بصورة مماثلة لتكوين الأكسيهيموجلوبين وتفكيكه ولكن دورتيهما تكونان متعاكستين كما في الشكل السابق . كما يمكن نقل هذا الغاز مذاباً في بلازما الدم فثاني أكسيد

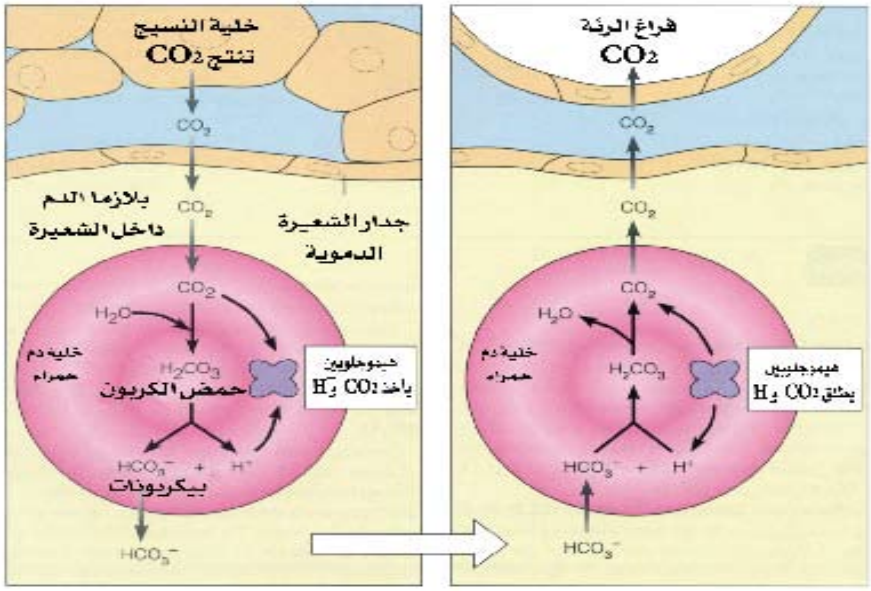
الكربون الناتج عن أكسدة المواد الغذائية في الخلايا ينتشر إلى الشعيرات الدموية الملاصقة لأن تركيزه في تلك الشعيرات أقل منه في الخلايا ثم ينتقل معظم هذا الغاز من البلازما إلى داخل الخلايا الدموية الحمراء، ويتحد مع الماء الموجود بها مكوناً حمض الكربون كما في المعادلة الآتية :

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

وهذا الحمض هو مركب غير ثابت، حيث يتحلل إلى أيونات هيدروجين وأيونات بيكربونات كما في المعادلة الآتية :

$$H_2CO_3 \longrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

وينتقل ثاني أكسيد الكربون على شكل بيكربونات (بيكربونات صوديوم أو بيكربونات بوتاسيوم) بعد أن تكون هذه المادة قد خرجت من الخلايا الدموية الحمراء إلى البلازما، حتى يصل إلى الشعيرات الدموية المنتشرة في جدار الرئتين . ولما كانت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الحويصلات الهوائية أقل منها في الشعيرات الدموية الملاصقة فإن مادة البيكربونات تدخل مرة أخرى إلى الخلايا الحمراء، وتتحد هناك مع أيونات الهيدروجين مكونة حمض الكربون . ويتحلل هذا الحمض إلى ماء وثاني أكسيد الكربون، ثم ينتشر هذا الغاز نحو الحويصلات الهوائية ومن ثم يخرج للخارج .



نقل ثاني أكسيد الكربون من أنسجة الجسم　　نقل ثاني أكسيد الكربون إلى الرئتين

نقل ثاني أكسيد الكربون من الخلايا إلى الدم ثم إلى الحويصلات الهوائية (للاطلاع)

التنفس الخلوي (Cellu lar Respiration)

إن الهدف الأساسي من عملية التنفس هو إنتاج الطاقة الكيميائية التي يحتاج لها المخلوق الحي للقيام بوظائفه الحيوية المختلفة. ولإنتاج الطاقة الكيميائية لا بد من وجود مواد عضوية (خام) وأنزيمات تعمل كعوامل مساعدة (Catalysts) لإتمام سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي تؤدي في النهاية إلى تفتيت هذه المواد المعقدة نسبياً إلى مواد أبسط منها . وفي أثناء القيام بهذه التفاعلات تنطلق الطاقة التي يحتاج إليها المخلوق الحي. والمواد العضوية التي تدخل مباشرة في عملية التنفس هي سكريات أحادية كالجلوكوز مثلاً.

تقوم المخلوقات الحية بتفتيت الجلوكوز لإنتاج الطاقة بطريقتين إحداهما تحصل بمعزل عن الأكسجين، وتعرف بالتنفس اللاهوائي أو التخمر (Anaerobic Respiration)، والأخرى تستوجب وجود الأكسجين لأكسدة الجلوكوز وتسمى بالتنفس الهوائي (Aerobic Respiration).

أنواع التنفس الخلوي:

١- التنفس اللاهوائي (التخمر) Anaerobic Respiration :

تحصل عملية التنفس اللاهوائي (التخمر) في بعض المخلوقات وحيدة الخلية مثل بعض أنواع البكتيريا والفطريات . وفي خلايا العضلات (كعضلات الإنسان مثلاً) عند القيام بمجهود عضلي شديد.

المخلوقات الحية وحيدة الخلية التي تستعمل هذه الطريقة في التنفس قد تكون لا هوائية بحتة، أي أنها لا تتنفس إلا بمعزل عن الأكسجين، وقد تكون لا هوائية اختياريا أي أنها تستطيع أن تتنفس بدون أكسجين لإنتاج الطاقة، ويجدر بنا أن نلاحظ أن عملية التخمر لا تؤدي إلى التفكيك الكامل للجلوكوز، ولهذا فإنه من المتوقع أن لا تنتج كمية كبيرة من الطاقة في أثناء هذه العملية . فالذي يحصل أن جزيء الجلوكوز المحتوي على ٦ ذرات كربون يتفكك في أثناء دخوله في سلسلة من التفاعلات تشترك فيها أنزيمات كثيرة متخصصة ليكون جزيئين من حمض البيروفيك المحتوي على ٣ ذرات كربون، ثم تكتمل سلسلة التفاعلات بعد هذه المرحلة لتكون النتيجة في النهاية تكون ثاني أكسيد الكربون والإيثانول أو تكوين حمض اللبن (اللاكتيك) فقط.

إضـــاءة

بعض البكتيريا لا هوائية التنفس تنتج مركبات أخرى غير حمض اللبن والإيثانول فهناك بكتيريا تنتج حمض الخل أو الأسيتون أو غيره من المركبات.

وكل من هذين المركبين معقد نسبياً ولا يزال محتوياً على كمية كبيرة من الطاقة الكيميائية الكافية. ولهذا فإن الناتج الصافي للطاقة في أثناء عملية التنفس اللاهوائي للجلوكوز فقط جزيئين من (A.T.P.).

لا تشكل عملية التخمر مشكلة بالنسبة للمخلوقات الحية التي تقوم بها. فهذه المخلوقات لا تحتاج إلى أكسجين من الوسط الذي تعيش فيه. وأما ثاني أكسيد الكربون الذي قد ينطلق نتيجة للتخمر فيمكن أن تتخلص منه هذه المخلوقات الحية بكل سهولة نظرا لأنها وحيدة الخلية وتتم عملية التخلص من هذا الغاز بطريقة الانتشار المباشر (Direct Diffusion) من المنطقة الأكثر تركيزاً في داخل الخلية إلى الأقل تركيزاً في الوسط الذي تعيش فيه هذه الخلية.

للاطلاع :

عملية تخمر الجلوكوز في بكتيريا اللبن والعضلات

جلوكوز $C_6H_{12}O_6$

↓

حمض البيروفيك (٢ جزيء)

$2CH_3.CO.COOH$

↓

حمض اللبن (اللاكتيك) (٢ جزيء)

$2CH_3.CHOH.COOH$

+

$2ATP$

عملية تخمر الجلوكوز في فطرة الخميرة

جلوكوز $C_6H_{12}O_6$

↓

حمض البيروفيك (٢ جزيء)

$2CH_3.CO.COOH$

↓

كحول ايثلي (إيثانول) (٢ جزيء)

$2CH_3.CH_2.OH$

+

$2CO_2$

+

$2ATP$

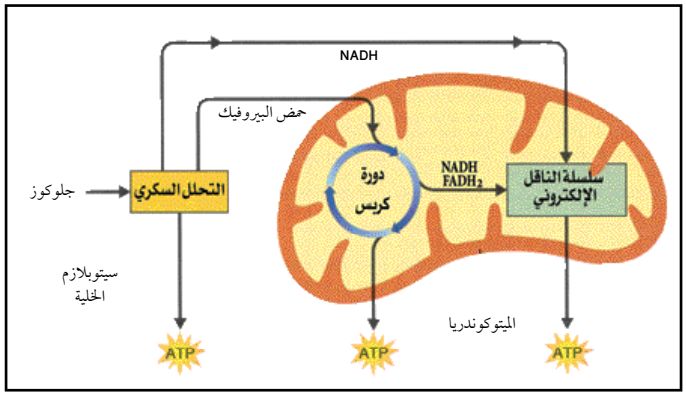
إضـــاءة

عندما يصاب الرياضيين بالشد العضلي، نتيجة لتراكم حمض اللبن في العضلات، يتم التغلب على هذه المشكلة بعمل تدليك للعضلة لإراحتها وتزويدها بكميات من الدم لتحصل على الأكسجين اللازم للأكسدة.

٢. التنفس الهوائي Aerobic Respiration :

التنفس الهوائي هو الطريقة الرئيسية التي تتبعها معظم المخلوقات الحية لإنتاج الطاقة. وهنا يحتاج إلى غاز الأكسجين لتفتيت الجلوكوز بشكل كامل إلى مكوناته الأساسية وهي الماء وثاني أكسيد الكربون. وتنتج عن هذه العملية طاقة كيميائية مقدارها ٣٨ جزيئاً من (A T P) وهي كمية كبيرة من الطاقة إذا ما قورنت بعملية التنفس اللاهوائي التي تنتج فقط جزيئين من (A T P) وهي أيضاً نتاج عملية التخمر، إذن فعملية التنفس الهوائي عملية أكثر فعالية من عملية التخمر وبهذا فهي تهيئ النمو الأقوى للمخلوقات الحية التي تقوم بها.

وتتم عملية تفتيت الجلوكوز هذه بسلسلة من التفاعلات تبدأ في سيتوبلازم الخلية وتكتمل في الميتوكندريا وتعمل على إتمامها أنزيمات كثيرة متخصصة.



مراحل التنفس الهوائي داخل الخلية

ويمر التنفس الهوائي بالمراحل التالية:

أ- مرحلة التحلل السكري.

ب- مرحلة تكوين مركب الاستيل كوانزيم A.

جـ - مرحلة تفاعلات دورة كريبس.

د - مرحلة نقل الإلكترونات.

(أ) التحلل السكري Glycolysis :

تحدث هذه المرحلة من عملية التنفس الخلوي في جميع المخلوقات الحية سواء التي تتنفس هوائياً بوجود الأكسجين أو لاهوائياً في غياب الأكسجين، وتحدث هذه المرحلة في ستيوبلازم الخلية لوجود الإنزيمات اللازمة لحدوث عملية التحلل (الانشطار).

والهدف الأساسي من عملية التحلل السكري هو تكوين مركبي NADH و ATP وفق الخطوات التالية:

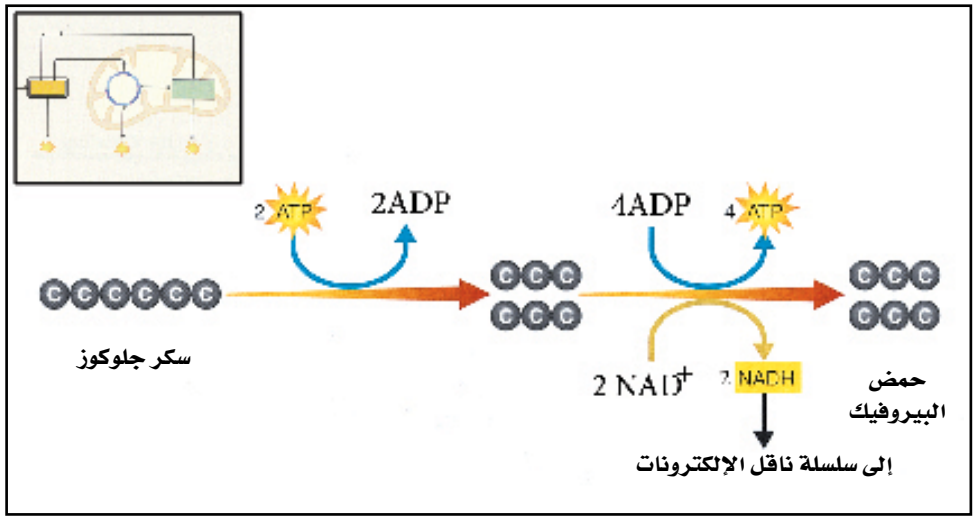
أولاً: تكوين مركب ATP :

يتم في هذه المرحلة انشطار جزيء سكر الجلوكوز (6C) إلى جزيئين من مركب ثلاثي ذرات الكربون (3C) يسمى حمض البيروفيك $CH_3-CO-COOH$ وتحتاج عملية الانشطار هذه إلى طاقة يتم الحصول عليها من الخلية وهي عبارة عن جزيئين من ATP يتم الاستفادة منها لتكوين أربع جزيئات ATP كناتج نهائي لعملية الانشطار ويكون الناتج الصافي من ATP جزيئين (2ATP).

ثانياً: تكوين مركب NADH:-

يتم في هذه المرحلة ارتباط أربع ذرات هيدروجين المتوفرة في غلافي الميتوكوندريا بجزيئين من المركب المرافق الإنزيمي (Nicotinamiat adenine dinncteotide) نيكوتين أميد ثنائي نيوكليوتيد الأدنين($2NAD^+$) الذي يتحول إلى جزيئين من (NADH)2 .

ومع أن الطاقة المستخدمة في هذه العملية قليلة إلا أنها سريعة جداً وتنتج آلاف من جزيئات ATP في ثواني مما يساعد على تزويد الخلايا بالطاقة الكيميائية حتى في حالة عدم توفر أكسجين.



التحلل السكري (للاطلاع)

(ب): مرحلة تكوين مركب الاستيل كوأنزيم A

١- يدخل حمض البيروفيك الناتج عن عملية الانشطار السكري إلى الميتوكوندريا حيث يتم تحويله إلى مركب ثنائي ذرات الكربون وذلك بنزع جزيء CO_2 من حمض البيروفيك لينتج حمض الخل (Acetic Acid).

٢- يتحد حمض الخل مع المرافق الإنزيمي الكو أنزيم (A) لتكوين مركب الاستيل كوأنزيم (A).

٣- تتحرر من التفاعلات السابقة أربع ذرات هيدروجين أخرى ينقلها المرافق الأنزيمي (NAD^+) على صورته المختزلة NADH.

(جـ) تفاعلات دورة كربس Krebs Cycle

يدخل الاستيل كوأنزيم (A) في سلسلة جديدة من التفاعلات تعرف بدورة كربس كما في الخطوات التالية:

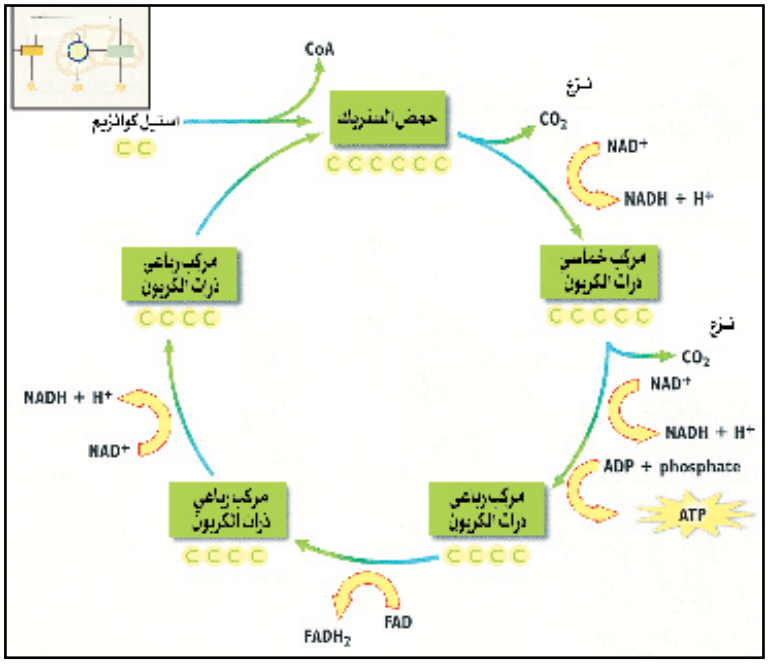
١- يتحد مركب الاستيل كو إنزيم (A) مع مركب رباعي الكربون (4C) ليكون حمض السيتريك (6C).

٢- يتم نزع جزيء CO_2 من حمض السيتريك ويتحول إلى مركب خماسي الكربون (5C).

٣- يتم نزع جزيء آخر من CO_2 من المركب خماسي الكربون (5C) فينتج مركب رباعي الكربون.

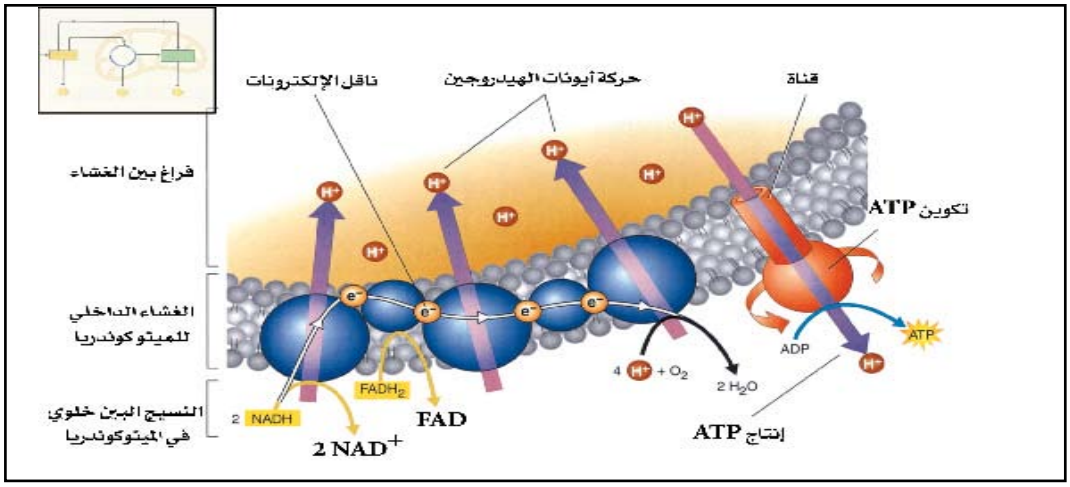
٤- يتحد المركب الرباعي الكربون (4C) الناتج مع جزيء الاستيل كوانزيم (A) وتبدأ دورة جديدة.

٥- في كل دورة كربس واحدة يتم تكوين ATP وNADH مع FADH وجزيئات من ثاني أكسيد الكربون التي تطرد من الخلايا إلى الرئتين للتخلص منها في عملية الزفير.



تفاعلات دورة كربس (للاطلاع)

د- سلسلة نقل الإلكترونات: Electron Transport chain



نقل الإلكترونات (للاطلاع)

يوجد على الغشاء الداخلي للميتوكندريا مجموعة من المواد المعقدة التركيب والتي تعمل على نقل ذرات الهيدروجين والإلكترونات تسمى ناقلات الإلكترونات.

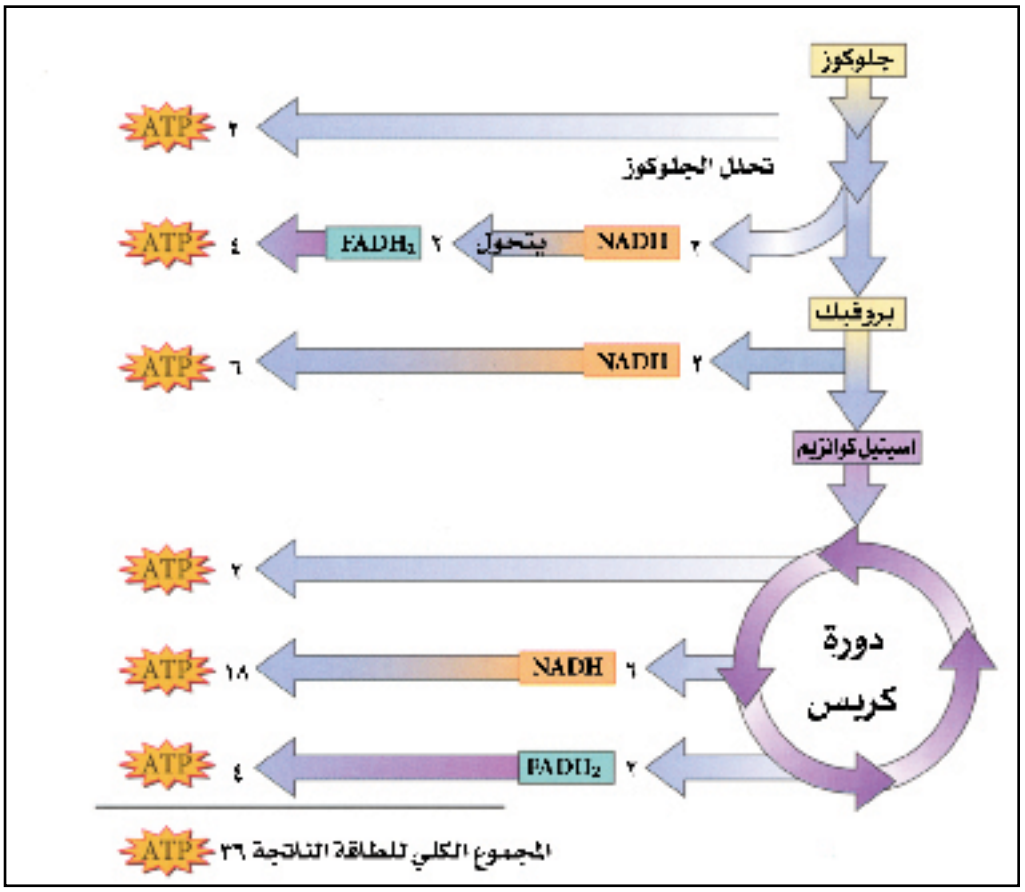
تقوم هذه النواقل بإستلام الهيدروجين من المرافقين الأنزيميين NADH و $FADH_2$ كما تقوم بنقل الإلكترونات ذات الطاقة العالية من ناقل إلى آخر ضمن سلسلة النواقل الإلكترونية الموجودة على الغشاء الداخلي للميتوكندريا، وخلال عملية الانتقال هذه يتم تخفيض طاقة الإلكترونات ويستفاد من الطاقة الناتجة في تحويل مركب ADP إلى ATP، وهذه هي عملية خزن للطاقة.

بعد أن تفقد الإلكترونات طاقتها العالية تستقبلها ذرات الأكسجين وتتحول بواسطتها إلى أيونات سالبة الشحنة وتصبح قابلة للاتحاد مع أيونات الهيدروجين وبذلك يكون الأكسجين هو المستقبل الأخير للإلكترونات والهيدروجين، حيث يعمل الأكسجين على التخلص من الإلكترونات منخفضة الطاقة ومن الهيدروجين ليكون الماء الذي يطرد كمخلفات لعملية التنفس.

وباستكمال عملية التنفس الخلوي بما فيها الانشطار السكري ينتج ٣٦ جزيء ATP كما في المعادلة.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 36ADP + 36P \longrightarrow 6CO_2 + 6HO_2 = 36ATP$$

ملخص يوضح الطاقة الناتجة من عملية التنفس لجزيئ واحد من الجلوكوز (للاطلاع)



التقويم

السؤال الأول : عرف المصطلحات العلمية الآتية :

العديسات ـ القصبات الهوائية ـ عملية الشهيق ـ الهيموجلوبين .

السؤال الثاني : ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة الخاطئة في الجمل الآتية :

١) يمكن حدوث عملية التنفس اللاهوائي (التخمر) في جسم الإنسان . ( )

٢) تتنفس النباتات بأخذ ثاني أكسيد الكربون وطرد الأكسجين . ( )

٣) تصنف الخياشيم ضمن السطوح التنفسية المثنية للخارج . ( )

٤) ينتشر الأكسجين في وسط مائي بسرعة أكبر منها في وسط هوائي . ( )

السؤال الثالث : ما الطرق التي تتم بواسطتها عملية تبادل الغازات في المخلوقات الحية الآتية :

-١ الأميبا . -٢ الهيدرا . -٣ دودة الأرض . -٤ الضفدع البالغ . -٥ الجراد . -٦ الحمامة.

السؤال الرابع : علل لما يأتي :

١) لا تحتاج معظم النباتات المائية إلى جهاز خاص بالتنفس.

٢) يجب أن يمر الماء باستمرار على سطوح الخياشيم في الأسماك لحدوث عملية التنفس.

السؤال الخامس : قارن بين :

١) التنفس الهوائي والتنفس اللاهوائي من حيث كمية الطاقة الناتجة .

٢) رئات الطيور ورئات الثدييات من حيث التركيب.

السؤال السادس : وضح بالرسم فقط : الثغور النباتية ـ الحويصلات الهوائية في الإنسان .

السؤال السابع : اختر الإجابة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

١) الثغور التنفسية هي فتحات لدخول الغازات وخروجها في:

أ) الجراد. ب) الحمامة. جـ) دودة الأرض. د) البرامسيوم

٢) عندما يتراكم حمض اللاكتيك في الخلايا العضلية، يحدث التعب العضلي بسبب نقص:

أ) الأنزيمات. ب) الأكسجين. جـ) الميتوكوندريا. د) الجلوكوز.

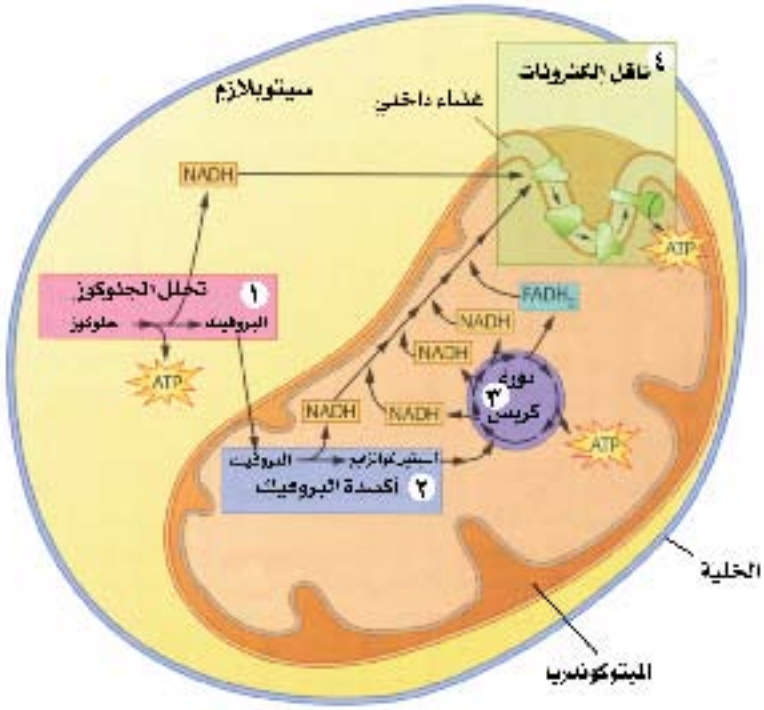
٣) أي المخلوقات الحية الآتية تستخدم طريقة التنفس الإيجابية الضغط والسلبية الضغط؟

أ) الثعبان. ب) الإنسان. جـ) الضفدع. د) الحمامة.

٤) يحتوي التجويف الصدري في الإنسان على الأعضاء الآتية:

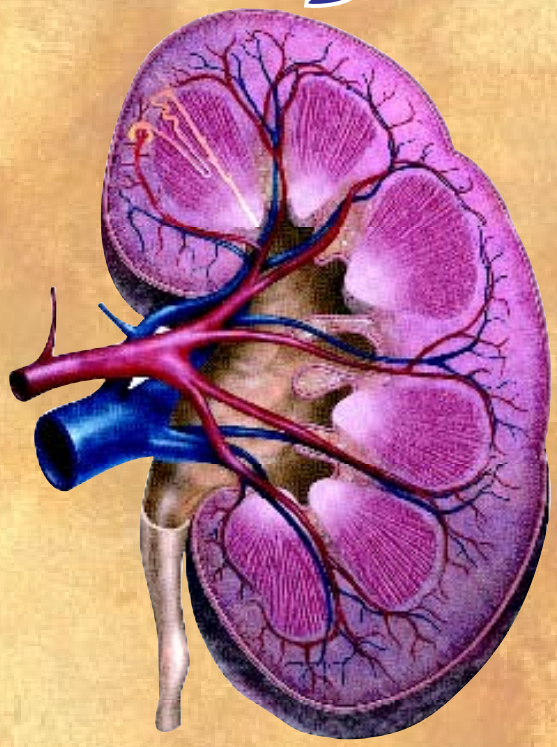
أ) القلب والرئتان ب) المعدة والرئتان. ج) القلب والمعدة. د) الرئتان والأمعاء.

السؤال الثامن : أمامك خلية مخلوق حي تتبع فيها خطوات التنفس وماذا يتم في كل خطوة حسب الأرقام على الشكل وأين تتم :



١١

عمليات الإخراج والتخلص من الفضلات



الأهـداف

يتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل أن :

١- تعدد وظائف الإخراج في المخلوقات الحية .

٢- تصف طريقة التخلص من الفضلات في البدائيات والطلائعيات .

٣- تتعرف طرق التخلص من الفضلات في النباتات .

٤- تفسر بعض الظواهر العلمية المتعلقة بالإخراج في النباتات .

٥- تصف طريقة التخلص من الفضلات في بعض الحيوانات.

٦- تشرح طريقة تكوين البول في جسم الإنسان .

٧- تذكر وظيفة الأجزاء المكونة للوحدة الكلوية في كلية الإنسان .

٨- تتأمل قدرة الله سبحانه وتعالى في خلقه من خلال دراستك لمدى التلاؤم بين التركيب والوظيفة في الأجهزة الإخراجية للمخلوقات الحية .

مقدمة :

لقد درسنا فيما سبق أن المواد الغذائية المختلفة (الكربوهيدرات والدهون والبروتينات) تمر بسلاسل من التفاعلات الكيميائية المؤدية إلى إنتاج الطاقة اللازمة للخلية للقيام بالوظائف المختلفة. وهذه العملية هي التي تدعى عملية هدم (Cataolism) ويقابلها عملية أخرى تؤدي إلى تكوين أو تركيب مواد بنائية لازمة لنمو الخلايا وتكاثرها، وحفظ تكامل المادة الحية فيها، وهي عملية البناء (Anabolism) والتوازن بين هاتين العمليتين أمر هام لسلامة المخلوق الحي. والتمثيل الغذائي الأيض (Metabolism) هو مجمل التفاعلات الحاصلة في أثناء عمليتي البناء والهدم.

وينتج عن عملية التمثيل الغذائي بعض الفضلات التي لابد للجسم أن يتخلص منها، ومن هذه المواد (غاز ثاني أكسيد الكربون، والماء الزائد، والأملاح، وبعض المواد النيتروجينية كالبولة)هذه المواد ضارة إذا تجمعت في الجسم وظلت فيه، ولهذا لابد من التخلص من هذه الفضلات عن طريق عملية الإخراج.

إن عملية الإخراج تؤدي وظائف متعددة لجسم المخلوق الحي مثل :

١) التخلص من المواد الضارة والفضلات والمواد الزائدة عن حاجة الجسم.

٢) حفظ التوازن بين الخلايا والبيئة التي تعيش فيها، أو تنظيم التوازن المائي والملحي بين سوائل جسم المخلوق الحي والوسط الذي يعيش فيه.

٣) حفظ الماء والمواد الأخرى اللازمة لاستمرار حياة المخلوق الحي بشكل منتظم.

٤) المحافظه على ثبات درجة حرارة أجسام بعض المخلوقات الحية عن طريق فقدان كميات كبيرة أو قليلة من الماء حسب حاجة المخلوق الحي.

وسنستعرض فيما يأتي أنماطاً مختلفة لعمليات الإخراج والتخلص من الفضلات في بعض المخلوقات الحية.

الإخراج في البدائيات والطلائعيات :

لا تحتاج هذه المخلوقات الحية وحيدة الخلية إلى جهاز إخراجي، للتخلص من فضلاتها، لأنها معرضة مباشرة إلى البيئة التي تعيش فيها.

وتتم عملية الإخراج في هذه المخلوقات الحية وحيدة الخلية التي تكون قريبة من الوسط الذي تعيش فيه عن طريق الانتشار البسيط (simple diffusion).

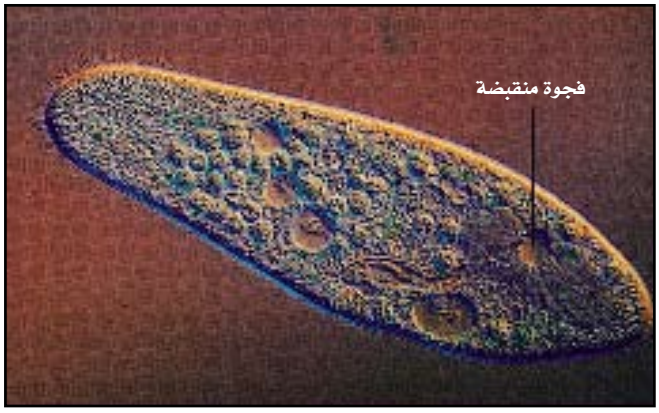
كما تقوم بعض المخلوقات الحية الأولية التي تعيش في الماء العذب بإخراج الماء الزائد الذي يدخل أجسامها عن طريق الخاصية الإسموزية باستخدام تراكيب خاصة هي الفجوات المنقبضة (Contractile Vacuoles) وهذه الفجوات المنقبضة بطردها للماء تؤدي وظيفة هامة ألا وهي التنظيم الأسموزي (Osmoregulation) لهذه المخلوقات الحية بينها وبين البيئة التي تعيش فيها.

وسندرس مثالاً على ذلك .

تكوين الفجوة المنقبضة في البراميسيوم.

يوجد في البراميسيوم فجوتان منقبضتان إحداهما توجد قرب الطرف الأمامي، والأخرى قرب مؤخرة البراميسيوم، ويحيط بكل فجوة منقبضة عدد من القنوات مرتبة شعاعياً، وتسمى الفجوات المساعدة.

ويتم التخلص من الماء الزائد، عن طريق هذه الفجوات، حيث يتجمع الماء الزائد عن حاجة البرامسيوم على هيئة قنوات شعاعية مغزلية الشكل، يتراوح عددها ما بين ٦-٨ قنوات، وبعد تمام امتلائها بالماء تندمج محتوياتها مكونة فجوتين، ثم تندمج الفجوتان وتكونان فجوة منقبضة واحدة مركزية، تقترب هذه الفجوة من السطح حيث تفرغ محتوياتها عن طريق ثقب مؤقت في الجليد، وتتكرر هذه العملية لكل من الفجوة المنقبضة الأمامية والخلفية على التوالي.



الفجوة المنقبضة في البرامسيوم

فكّر

ماذا تتوقع أن يحدث للبراميسيوم في حاله عدم وجود الفجوات المنقبضة ؟

نشاط عملي

افحص شرائح جاهزة للبراميسيوم ، ولاحظ شكل الفجوات المنقبضة فيه .

الإخراج في النباتات :

على الرغم من عدم وجود أجهزة مخصصة للإخراج في النباتات، فإن النباتات قادرة على التخلص من الفضلات الناتجة عن عمليات الأيض دون الحاجة إلى مثل تلك الأجهزة، وذلك للأسباب التالية :

١) إن الفضلات الإخراجية في النباتات هي أقل بكثير مما هي في الحيوانات. وبهذا فهي تتجمع على مدى طويل من الزمن، ثم يمكن التخلص منها مرة واحدة كجزء من دورة الحياة التي يمر بها النبات في كثير من الأحيان.

٢) إن عمليات الأيض في النباتات أبطأ مما هي في الحيوان وأقل (لذلك فإن فضلاتها تكون قليلة).

٣) إن النباتات تعتمد في عملية الأيض على المواد الكربوهيدراتية أساساً، وليس على المواد البروتينية.

ولما كانت فضلات المواد الكربوهيدراتية أقل ضرراً على خلايا النبات من الفضلات النيتروجينية الناتجة عن هدم المواد البروتينية، لذا تستطيع فضلات المواد الكربوهيدراتية أن تتجمع في النبات طيلة حياته أحياناً دون أن تسبب لـه تسمماً.

طرق التخلص من الفضلات في النباتات :

تستطيع النباتات التخلص من فضلاتها بعدة طرق، تختلف حسب نوع النبات، ومن هذه الطرق ما يلي:

١) عملية البناء الضوئي. تستخدم النباتات معظم ثاني أكسيد الكربون الناتج عن عملية التنفس الخلوي (عملية هدم) لإنتاج مواد غذائية للنبات (عملية بناء). وتتم عملية نقل هذا الغاز للأوراق الخضراء عن طريق إذابته في الماء وانتقاله مع العصارة المائية عن طريق الأوعية الخشبية، أما ما يزيد عن حاجة الأوراق من هذا الغاز فيمكن التخلص منه عن طريق الثغور (Stomata).

٢) الكثير من النباتات المعمّرة تستبدل أوراقها أو أجزاء أخرى، بعد تجمع الفضلات فيها بشكل دوري.

٣) إن بعض النباتات تقوم بتجميع فضلاتها في الفجوات الخلوية (Cell Vacuoles) التي تشغل حيزاً

كبيراً في الخلية. وتذاب هذه الفضلات في عصارة الفجوة (Sap) أو تترسب وتبقى هناك طيلة حياة النبات. ومثال ذلك حمض الأكساليك (Oxalic Acid) الذي يترسب في الفجوة العصارية على شكل بلورات أكسالات الكالسيوم، ويخزن هناك حتى يموت النبات.

٤) بعض النباتات، وخصوصاً العشبية منها تجمع فضلاتها في الأجزاء الخضراء، حتى إذا ما جاء فصل الخريف تصفر أوراقها وتسقط، وبهذا تتخلص من الفضلات المتجمعة مع الأوراق الساقطة الميتة. فإذا جاء الربيع وتكونت الأوراق الجديدة تبدأ عملية تجميع الفضلات مرة ثانية، وهكذا. ومثل ذلك بعض النباتات التي تعيش في تربة تحتوي على تركيز عال لملح الكالسيوم، حيث إنها تمتص هذا الملح وتجمعه في أوراقها وتتخلص منه عندما تسقط الأوراق.

٥) في النباتات الخشبية تتجمع الفضلات في الأجزاء الميتة من الخشب التي تكون وظيفتها الأساسية دعامة للنبات. كما أن بعض هذه النباتات تتخلص من فضلاتها مع القلف الذي يسقط بانتظام.

٦) بعض النباتات تخرج فضلاتها من خلال أغشية خلاياها لتدخل في تكوين جُدُرها الخلوية عن طريق تحول هذه الفضلات إلى اللجنين (Lignins).

٧) بعض النباتات تقوم خلايا الجذور فيها بإخراج مواد عضوية معقدة أو أملاح غير عضوية إلى التربة.

طرق التخلص من الماء الزائد عن حاجة النبات :

يتم التخلص من الماء الزائد عن حاجة النبات بطريقتين هما عملية النتح وعملية الإدماع :

١) عملية النتح (Transpiration). وهي عملية خروج الماء على شكل بخار من أجزاء النباتات المعرضة للجو، وخصوصاً الأوراق. وتختلف هذه العملية عن عملية التبخر العادية بأنها عملية حيوية.

وتُنتج النباتات كميات كبيرة من الماء تختلف حسب نوع النبات والظروف البيئية التي يعيش فيها.

وهناك نوعان من النتح: أحدهما عن طريق الطبقات الخارجية لخلايا البشرة، وثانيهما من خلال فتحات الثغور. وفي العادة لا يكون النوع الأول أكثر من ١٠٪ من النتح الإجمالي الذي يحصل في النبات، وقد يصل هذا النوع من النتح إلى صفر كما هي الحال في النباتات الصحراوية.

٢) الإدماع (Guttation). وهي ظاهرة إخراج الماء على شكل قطرات بواسطة تراكيب خاصة تقع على أطراف الأوراق تعرف بالأجهزة الدمعية. ويخرج جزء من ماء الندى المعروف عن طريق هذه التراكيب الخاصة.

نشاط عملي

إثبات حدوث عملية النتح:

الأدوات والمواد اللازمة:

أصيص – نبات نام له أوراق – ورق قصدير.

طريقة العمل:

١- خذ أصيصاً فيه نبات نام له عدة أوراق.

٢- غط سطح التربة بإحكام بمادة شمعية أو بورق قصدير حتى تمنع تبخر الماء من التربة.

٣- زن النبات مع الأصيص وسجل الوزن في كراستك.

٤- اترك النبات في الهواء الطلق عدة ساعات، ثم زنه مرة أخرى.

٥- سجل الوزن في كراستك.

► هل الوزن الثاني أكثر أم أقل من الوزن الأول؟ كيف تعلل ذلك؟

معلومات إثرائية

عملية النتح:

إن عملية النتح تتم أساساً في أوراق النبات . فالماء الذي يمتص عن طريق الجذور يدخل جزء منه في كثير من الوظائف الفسيولوجية ، لأنه الوسط الذي تتم فيه التفاعلات الكيميائية ، ولأنه يدخل في كثير من التفاعلات الحيوية . ولكن الجزء الأكبر من الماء الداخل يفقد إلى الخارج . ولعلك تتساءل الآن : لماذا يحدث مثل هذا الأمر في النبات ؟ أي لماذا لا يأخذ النبات حاجته الضرورية من الماء فقط ؟ هل هذه العملية في صالح النبات ؟ وما فائدتها بالنسبة له ؟

إن لعملية النتح أهمية خاصة بالنسبة لنقل الماء وما يذاب من أملاح ومواد نافعة لأجزاء النبات جميعها : الجذور ، السيقان ، والأوراق . ويعتقد حالياً أن القوة الناتجة عن عملية تبخر الماء من خلال الثغور هي قوة كبيرة قادرة على سحب عمود طويل من الماء حتى في الأشجار التي يزيد ارتفاعها عن ١٠٠ متر . فالذي يبدو أن الماء يتبخر من سطوح خلايا الميزوفيل خلال الثغور إلى الخارج ولكن قوة التماسك بين جزيئات الماء مع بعضها من جهة والتلاصق بين جزئيات الماء والجدر السليلوزية من جهة أخرى تعمل على سحب جزيئات أخرى بدل الجزيئات التي تبخرت ، والجزيئات الأخيرة هذه تعمل على سحب جزيئات أخرى تحتها وهكذا . وينتج عن ذلك أن العمود المتصل من الماء (من الجذور للأوراق) قد سحب للأعلى من فوق. وبهذه العملية ينتقل السائل المائي وما يحتويه من مواد ذائبة من التربة إلى الأوراق.

تـأمـل

لقد هيأ الخالق سبحانه النباتات الصحراوية لتحتفظ بأكبر كمية لازمة من الماء عن طريق قلة الثغور على سطوح أوراقها وازدياد سمك طبقة الكيوتين على تلك السطوح . ومن بعض التكيفات الأخرى الملاحظة في تلك النباتات عمق ثغورها ، ووجود شعيرات حولها ، حتى تقلل من تأثير التيارات الهوائية على تبخر الماء من الثغور .

الإخراج في الحيوانات.

تحتاج الحيوانات إلى أن تتخلص من فضلات التمثيل الغذائي خصوصا النيتروجينية منها (لأنها تحوي سموماً أكثر من غيرها) بطريقة أو بأخرى. ولا تحتاج بعض الحيوانات عديدة الخلايا البسيطة كالهيدرا إلى أجهزة متخصصة لهذا الغرض لأن خلاياها معرضة مباشرة أو بشكل قريب جداً إلى البيئة التي تعيش فيها.

أما الحيوانات المعقدة التركيب فتحتاج إلى أجهزة متخصصة لتجميع هذه الفضلات من الخلايا المختلفة للجسم ثم نقلها خلال فتحات تنفتح للخارج لطردها.

وقد تستوجب هذه العملية تكوين علاقة بشكل أو بآخر بين أجهزة الإخراج وجهاز النقل في هذه الحيوانات المعقدة. فقد يقع على عاتق جهاز النقل توصيل المواد الإخراجية للجهاز الإخراجي.

وفي دراستنا لطرق إخراج الحيوانات لفضلاتها سنأخذ بعين الاعتبار كيفية تنظيم المخلوقات الحية للتوازن المائي والملحي لسوائل أجسامها لأن هاتين العمليتين بينهما علاقة وطيدة تربطهما بعضهما ببعض.

أنواع المواد النيتروجينية الضارة التي تخرجها الحيوانات المختلفة :

تمثل المواد النيتروجينية الضارة التي تخرجها الحيوانات المختلفة أنواعاً ثلاثة أساسية هي :

١) الأمونيا (NH_3). وهي أكثر المواد تسمياً للخلايا، والأمونيا هذه هي المادة الإخراجية الأساسية في الحيوانات التي تعيش في وسط مائي وتخرج فور تكونها مذابة في الماء إلى الماء المحيط بالحيوان المائي.

٢) البولة (Urea). وتأتي في الدرجة الثانية من حيث درجة السمية، وهي المادة الإخراجية في الحيوانات التي تعيش على اليابسة، حيث تقوم بتحويل مادة الأمونيا السامة إلى مادة البولة الأقل سماً منها، وقد تكيفت الحيوانات التي تستطيع الحصول على كميات كبيرة من الماء لتحويل الأمونيا إلى البولة التي يمكن تخفيفها بالماء ثم طردها للخارج كما هي الحال في الإنسان.

٣) حمض البول (Uric Acid) ويأتي في الدرجة الثالثة من حيث درجة السمية، وهو أقل المواد النيتروجينية ضرراً، ويعتبر المادة الإخراجية في الحيوانات التي تعيش في أماكن يندر فيها الماء كالحشرات والزواحف والطيور، التي تكيفت أجسامها لتحويل الأمونيا إلى حمض البول الذي يمكن إخراجه بشكل بلورات مذابة في كميات قليلة جداً من الماء.

الإخراج في الحيوانات التي لا تحتوي على أجهزة خاصة للإخراج.

تتم عملية الإخراج في كثير من الحيوانات عديدة الخلايا التي تكون جميع خلاياها قريبة من الوسط الذي تعيش فيه كالهيدرا عن طريق الانتشار البسيط (simple Diffusion) أو النقل النشط (Active Transport).

ولقد عرفنا أن عملية الانتشار تحصل بانتقال المادة خلال الغشاء الخلوي من الجانب الأكثر تركيزاً إلى الجانب الذي يحتوي على تركيز أقل من المادة ذاتها.

وبهذا فإن تكوين بعض الفضلات داخل الخلية يجعل تركيزها هناك أكثر منة في الوسط المحيط بها ثم يحصل الانتشار البسيط لهذا الاختلاف في التركيزين، أما إذا كان تركيز المادة التي على الحيوان أن يخرجها أكثر في الوسط منة في خلية ذلك الحيوان فإن الانتقال يحصل هناك من الجانب الأقل تركيزاً إلى الأكثر تركيزاً أي عكس الإتجاة الحاصل في عملية الانتشار البسيط، وهنا لابد من أن يحصل الانتقال بطريقة النقل النشط التي تستوجب استنفاد بعض الطاقة الكيمائية (ATP) والتي تستخدمها جزيئات ناقلة (Carrier Molecules) للمادة.

الإخراج في الحيوانات التي تحتوي على أجهزة إخراج:

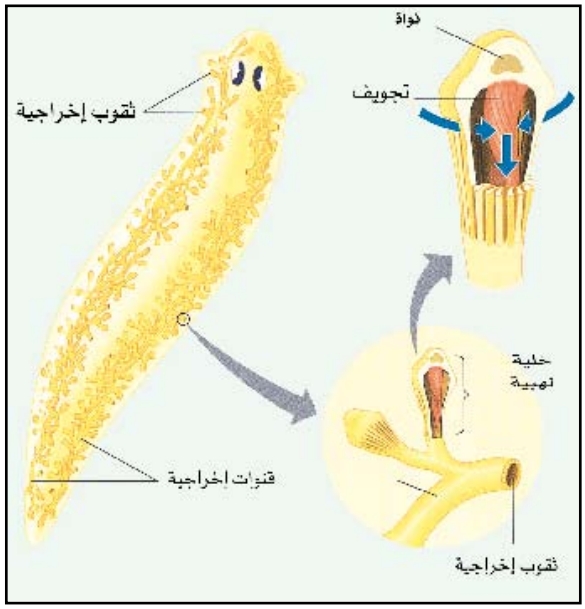
تمتلك الحيوانات معقدة التركيب أجهزة أو أعضاء خاصة، تستطيع بواسطتها التخلص من فضلاتها، وسندرس فيما يأتي بعض الأمثلة لهذه الأجهزة الإخراجية وطريقة عملها.

١- الإخراج بواسطة الخلايا اللهبية (Flame Cells).

تستخدم الخلايا اللهبية كجهاز للإخراج في الديدان المفلطحة كالبلاناريا والديدان الشريطية.

ويستعمل هذا الجهاز لإخراج الفائض من الماء من أجسام هذه الحيوانات أي أن وظيفته هي تنظيم التوازن المائي في أجسامها، أما ثاني أكسيد الكربون والأمونيا NH_3 فيتم إخراجها عن طريق السطح الخارجي بالانتشار البسيط.

ولما كانت أجسام هذه الحيوانات تفتقد تجويفاً متميز وجهازاً دورانياً فإن طريقة إخراجها تتم بواسطة الجلد وجهاز الخلايا اللهبية.



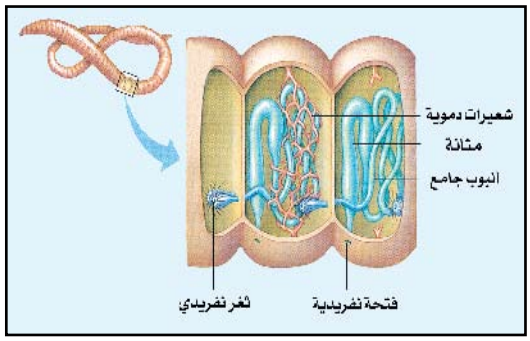
الخلايا اللهبية في البلاناريا

يتكون جهاز الخلايا اللهبية من عدد كبير من القنوات المتفرعة الصغيرة التي تتجمع في قناتين إخراجيتين طوليتين واحدة على كل من جانبي الجسم، وتفتحان إلى الخارج على السطح الظهري بعدة أزواج من الثقوب الإخراجية الدقيقة، وتتفرع القنوات الصغيرة مرة أخرى وتنتهي كل من الفروع الصغيرة النهائية بخلية لهبية، لكل خلية لهبية نواة وعدد من الزوائد السيتوبلازمية المتفرعة، ويوجد بها تجويف مركزي داخل السيتوبلازم يحتوي على حزمة من الأهداب تتحرك بطريقة تشبه حركة لهب الشمعة، وتجمع هذه الخلايا اللهبية الماء الزائد عن حاجة الجسم، ثم تدفعه حركة الأهداب إلى القنوات المتفرعة الصغيرة، ومن ثم إلى خارج الجسم.

وفي بعض هذه الديدان المفلطحة تكوّن هذه القنوات مثانة على شكل كيس يجمع الفضلات قبل إخراجها عن طريق فتحة إخراجية تنفتح للخارج.

٢- الإخراج بواسطة القنوات الهدبية (النفريديا) (Nephridia):

تستخدم القنوات الهدبية أو النفريديا كجهاز إخراجي في الديدان الحلقية مثل دودة الأرض التي تحتوي على جهاز دوري مغلق. وتمثل هذه الطريقة مرحلة من الإخراج أفضل من الإخراج عن طريق الخلايا اللهبية التي سبق شرحها حيث يظهر هنا بوضوح الترابط بين القناة الإخراجية والأوعية الدموية المحيطة بها.



القنوات الهدبية في دودة الأرض

تحتوي كل حلقة من حلقات جسم دودة الأرض عدا الحلقات الثلاث الأولى والحلقة الأخيرة، على زوج من

النفريدياً وتتكون كل واحدة من قمع مهدب مفتوح يسمى الثغر النفريدي (Nephrostome) يعمل على تجميع الفضلات من سوائل الجسم وإدخالها إلى قناة ملتوية (Coiled Tubule) تنتشر حولها شعيرات دموية كثيرة. وتؤدي هذه القناة إلى أنبوبة أكثر اتساعاً هي المثانة (Bladder) التي تنفتح للخارج عن طريق الثقب الإخراجي(Nephridiopore) الواقع على سطح الجسم (البطني).

وجهاز النفريديا هذا يمكّن ديدان الأرض من التخلص من الفضلات الموجودة في سوائل الجسم بما فيها الدم. فالثغور النفريدية تستطيع بفعل أهدابها تجميع المواد الصلبة من الفضلات الموجودة في السائل السيلومي للجسم ثم تدخلها للنفريدات (القنوات الملتوية). وكذلك يتم امتصاص المواد النيتروجينية الضارة (الأمونيا والبولة) من الدم مباشرة عن طريق الأنبوبة الملتوية من النفريديا التي يحيط بها كثير من الشعيرات الدموية.

ويعتقد أن لهذه الشعيرات الدموية القدرة على امتصاص المواد النافعة كبعض الأملاح من الأنبوبة الإخراجية الملتوية لتعود إلى الدم مرة ثانية.

وهنا تظهر مرة ثانية أهمية الجهاز الإخراجي في تنظيم المحتوى المائي والملحي لسوائل أجسام هذه الحيوانات.

نشاط عملي

احصل على دودة الأرض، وقم بتشريحها بمساعدة معلمك، لتتعرف على تركيب القنوات الهدبية فيها .

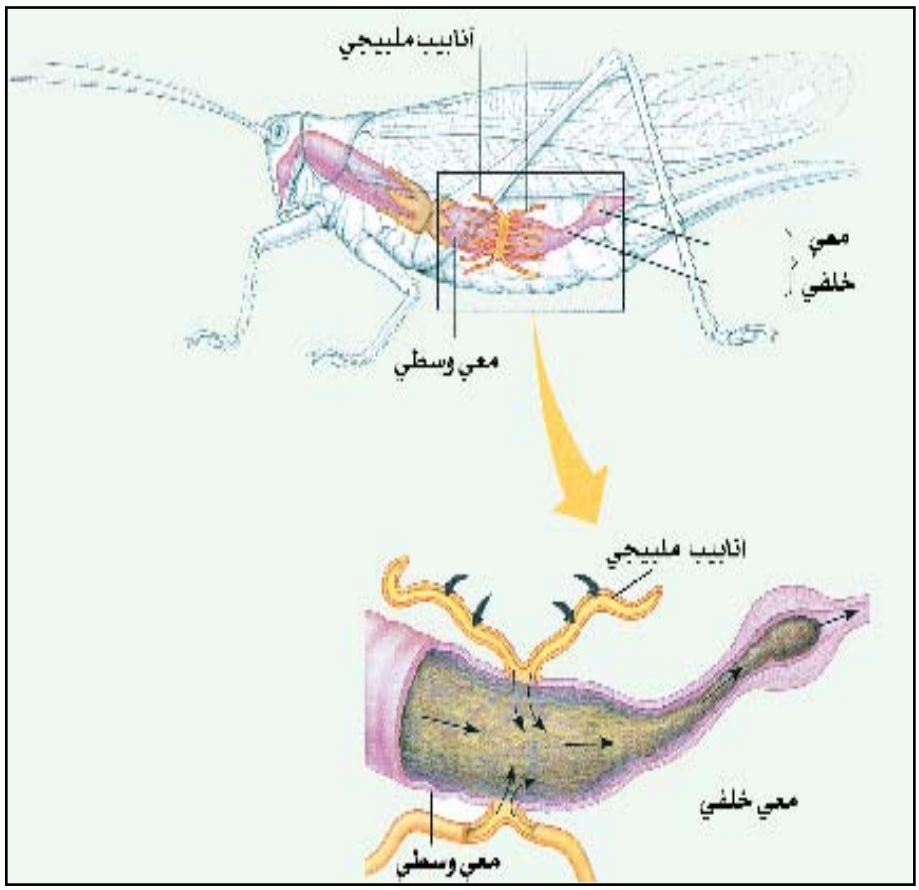
٣- الإخراج بواسطة قنوات ملبيجي (Malpighian Tubules):

تقوم الحشرات مثل الجراد بإخراج فضلاتها من خلال الجزء الأخير من أجهزتها الهضمية، وتستخدم لذلك تراكيب خاصة كجهاز إخراجي فيها تسمى قنوات ملبيجي.

قنوات ملبيجي في الجراد عبارة عن أنابيب تقع بين المعي الأوسط (Midgut) والمعي الخلفي (Hind Gut)، وتمتد في التجويف البطني ويحيط بها الدم.

ولعملية إخراج الحشرات لفضلاتها من خلال قنوات ملبيجي علاقة بنوعية جهازها الدموي. فكما ذكرنا سابقاً تتميز الحشرات بوجود جهاز دموي مفتوح حيث يملأ الدم التجويف حول الأحشاء، مبللاً بذلك الأجزاء المختلفة. وتقوم أنابيب ملبيجي المنتشرة في هذا التجويف باستخلاص الفضلات من الدم المحيط بها. وتمر هذه الفضلات في تجاويف الأنابيب نحو قواعدها المتصلة بالقناة الهضمية، وفي أثناء مرور هذه الفضلات في هذا الاتجاه تترسب المواد النيتروجينية الإخراجية، وأهمها حمض البوليك (Uric Acid). أما الماء والأملاح المختلفة النافعة للحشرة فتمتصها من خلال جدار الأنبوبة، ثم تعود إلى الدم وعملية تركيز البول هذه هي تكيف هام للحشرات في بيئتها اليابسة، حيث تفقد هذه الحيوانات كمية قليلة جداً من الماء فقط.

تطرد المواد الإخراجية المكونة من بلورات حمض البوليك وقليل من الماء المذيب لها من القنوات الملبيجية إلى بداية المعي الخلفي. ثم تمر من خلال هذا الجزء الأخير من الجهاز الهضمي مع البراز الذي يكون على شكل شبه جاف.



أنابيب ملبيجي في الجراد

إضـــاءة

ليست قنوات ملبيجي هي الطريقة الوحيدة التي تتخلص بها الحشرات من فضلاتها. فكثير من الحشرات ترسب بعض المواد الإخراجية في هيكلها الخارجي في أثناء نموه. وعندما ينسلخ هذا الهيكل كما هي الحال عند انتقال الحشرة من طور إلى آخر يتم التخلص من هذه المواد الضارة المترسبة فيه.

وهناك بعض الحشرات التي لا تحتوي أجسامها على قنوات ملبيجي، ومثل هذه الحشرات تتخلص من فضلاتها بترسيبها في أجسام دهنية خاصة موجودة في أجسامها.

نشاط عملي

احصل على بعض الحشرات مثل الجراد ، وقم بتشريحها بمساعدة معلمك ، لتتعرف على تركيب قنوات ملبيجي فيها .

٤- الإخراج بواسطة الجلد (Skin):

يستخدم الجلد كعضو للتخلص من الفضلات في بعض الحيوانات مثل :

١) الديدان المفلطحة كالبلاناريا التي تقوم بإخراج ثاني أكسيد الكربون والأمونيا من خلال سطوحها الخارجية بطريقة الانتشار.

٢) الديدان الحلقية كدودة الأرض التي تقوم بإخراج ثاني أكسيد الكربون عن طريق جلودها كما ذكرنا سابقاً.

٣) الثدييات كالإنسان مثلاً الذي يحتوي الجلد فيه على غدد عرقية لها دور هام في عملية الإخراج.

ابحث

كيف تقوم الغدد العرقية بعملها في تكوين العرق والتخلص منه خلال المسام الموجودة على سطح الجسم ؟

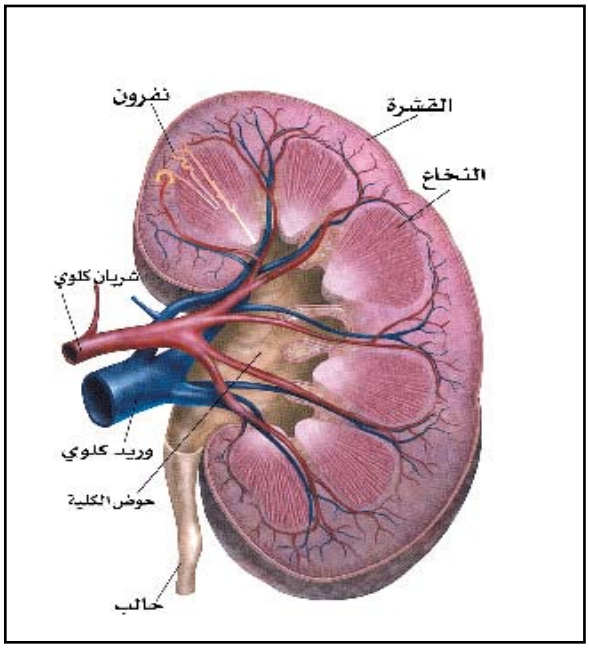
٥- الإخراج بواسطة الكلى (Kidneys) :

يوجد في أجسام الحيوانات الفقارية جهاز متخصص لتصفية أجهزتها الدموية من المواد الضارة وطردها للخارج. ويسمى هذا الجهاز بالجهاز البولي (Urinary System). وقد تؤدي بعض أعضاء الجهاز البولي وظائف أخرى إضافية إلى وظيفة تجميع البول.

يتركب الجهاز البولي في الإنسان كما مر معنا من كليتين(Kidneys)، وحالبين (Ureters)، ومثانة بولية (Urinary Bladder)، وقناة بولية (Urethra) لنقل البول حيث يطرد للخارج. وقد تختلف هذه الأعضاء في أشكالها وحجومها من حيوان لآخر.

والكليتان هما عضوان يقعان في ملاصقة الجدار الظهري للتجويف البطني. وحجم كل منهما مقارب لحجم قبضة اليد. ولو قمنا بعمل مقطع طولي في كلية الإنسان لوجدنا أنها تتكون من طبقتين رئيسيتين هما : القشرة (Cortex) والنخاع (Medulla).

ويكون النخاع عند امتداده نحو جانب الكلية الداخلي بروزات هرمية الشكل تسمى أهرامات ملبيجي (Malpighian Pyramids). ويحيط بالقشرة من الخارج غشاء حافظ يعرف



قطاع طولي في الكلية

بالمحفظة (Capsule)، ويتجمع البول في تجويف وسطي يسمى حوض الكلية (Renal Pelvis). ويخرج من حوض الكلية حالب لتوصيل البول إلى المثانة البولية. وتدعى النقرة التي يخرج منها الحالب بالسُّرَّة.

إضـــاءة

يوجد داخل كل كلية أكثر من مليون نفرون تعمل كفلتر، يبلغ طول كل نفرون حوالي ٧سم وهو أنبوب ضيق جداً لدرجة أنه لا يمكن رؤيته بالعين المجردة ويمر الدم خلال الكلى حوالي ٢٠ مرة كل ساعة.

نشاط عملي

احصل على كلية خروف طازجة ، وقم بعمل قطاع طولي فيها ، لتتعرف على طبقاتها

تكوين البولة في الكبد:

يتم تكوين الأمونيا عن طريق نزع مجموعة الأمين (Deamination) من الأحماض الأمينية أثناء اشتراكها في سلاسل تفاعلات التمثيل الغذائي التي تحدث في جميع خلايا الجسم. وذلك حسب التفاعل التالي :

$$CH_3 - CHNH_2 - COOH + {}^1/_2\, O_2 \longrightarrow CH_3 - CO - COOH + NH_3$$

أكسجين + حمض ألانين ⟵ أمونيا + حمض البيروفيك

تنتقل الأمونيا مع الدم إلى الكبد حيث يتم تحويل هذه الأمونيا إلى بولة، ثم تدور هذه البولة مع الدم حتى تصل إلى الكلية حيث تستخلص من الدم ويتم طرحها خارج الجسم على هيئة بول.

والبول عبارة عن سائل أصفر اللون تقريبا، يحتوي على ٩٦٪ ماء و ٤٪ مواد ذائبة تشمل مادة البولة وحمض البول ومواد معدنية على شكل أملاح الكبريتات والفوسفات والكلوريدات.

ولكي نتعرف على عملية تصفية الدم في الكلية وتجميع المواد الضارة لإخراجها فإن هذا يستوجب دراسة

التركيب الدقيق لمجرى الدم وللوحدات الكلوية المتخصصة في تجميع البول وتركيزه.

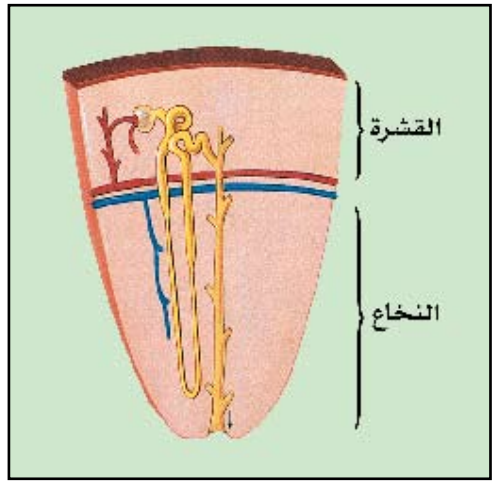
أن الوحدات الوظيفية المتخصصة في تصفية البول وتركيزه في الكلية تعرف بالوحدات الكلوية (Nephrons)، تنتشر هذه الوحدات الكلوية في الطبقتين القشرية والنخاعية للكلية، ويوجد ما يقارب المليون وحدة كلوية في كل كلية من كل الإنسان، وتتركب الوحدة الكلوية من :

١) كتلة من الشعيرات الدموية تسمى الجمع (Glomerulus)، تتجمع داخل جسم كروي يعرف بمحفظة بومان. ويطلق على الجمع والمحفظة معاً اسم كرية ملبيجي (Malpighian Corpuscle) وتقع جميع كريات ملبيجي في طبقة القشرة.

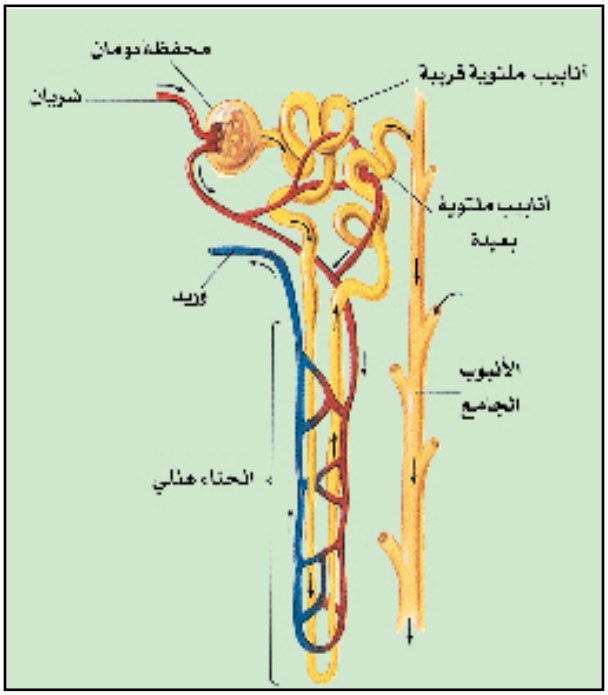
٢) محفظة بومان (Bowman's Capsule)، وهي حوصلة (جسم كروي) ذات طبقة واحدة من خلايا طلائية رقيقة.

٣) أنابيب كلوية جدرانها رقيقة، وهي تشمل : الأنابيب الملتوية القريبة (Proximal Convoluted Tubule)، وانحناء هنلي (Loop Henle)، والأنابيب الملتوية البعيدة (Distal Convouluted Tubule).

٤) الأنبوبة البولية الجامعة (Collecting Tubule)، والتي تجمع البول من الأنابيب الكلوية وتصبه في حوض الكلية.



وحدة كلوية



تركيب الوحدة الكلوية

استخلاص البول في الكلية :

كيف تقوم الكلية بوظيفتي تصفية الدم مما فيه من مواد مسرفة وحفظ التوازن المائي والملحي للدم ؟

قبل الدخول في مناقشة هذا الموضوع علينا أن نتذكر العلاقة التركيبية لأجزاء الوحدات الكلوية والأوعية الدموية المحيطة بها فعن طريق هذه العلاقة يمكننا تفسير الأمور التالية :

- كيفية رشح الدم ليدخل إلى الأنابيب البولية.
- كيفية امتصاص الماء من خلال جدران الأنابيب البولية لإعادته إلى الدم للحفاظ على المحتوى المائي للدم.
- كيفية نقل بعض الأملاح النافعة وإعادتها إلى الدم للحفاظ على التوازن الملحي لهذا السائل.
- كيفية تخلص خلايا الأنابيب البولية من بعض المواد كالكرياتينين.

والآن دعنا نتابع ما يحصل لمحتويات الدم منذ دخولها للشعيرات الدموية المكونة للجمع ومرور ما يرشح منها من خلايا الأنابيب البولية إلى حوض الكلية.

تمر عملية استخلاص البول في الكلية بالمراحل التالية :

١) يدخل الدم الكلية عن طريق شريان كلوي (Renal Artery) هو أحد فروع الأورطي الظهري. ويتفرع هذا الشريان إلى شعيرات شريانية أصغر فأصغر داخل الكلية، تخترق النخاع إلى القشرة. وتتفرع كل شعيرة شريانية في النهاية إلى شبكة متميزة من الشعيرات الدموية تأخذ بمجموعها شكلاً كروياً يعرف بالجمع. ويكون هذا الدم مؤكسجاً ومحملاً بالفضلات والأملاح المعدنية بالإضافة إلى نواتج الهضم.

إن الدم يدخل شبكة الشعيرات الدموية المكونة للجمع عن طريق شعيرة شريانية تعرف بالشعيرات الشريانية الواردة (Afferent Arteriole) ويخرج الدم من الجمع عن طريق شعيرة شريانية صادرة (Efferent Arteriole). لاحظ هنا أن الشعيرات الدموية المكونة للجمع تقع بين شعيرتين شريانيتين وليس بين شريان ووريد كما هي الحال في نظام تكوين الشعيرات الدموية الطبيعي. بعد خروج الدم من الجمع تتفرع الشعيرة الشريانية الصادرة إلى شبكة من الشعيرات الدموية تلتف حول الأنابيب البولية ثم تتجمع هذه الشعيرات لتكوين شعيرات وريدية صغيرة.وتلتقي هذه الشعيرات الوريدية مكونة وريداً

كلوياً (Renal Vein) يخرج الدم الخالي من المواد الضارة من الكلية. ويلتقي الوريد الكلوي بالوريد الأجوف السفلي الذي يحمل الدم إلى القلب.

٢) يترشح الدم من خلال جدران الشعيرات الدموية المكونة للجمع إلى محفظة بومان المحيطة به. ويساعد على ذلك أن هذا الدم يقع تحت ضغط هيدروستاتيكي كبير أساسه الضغط الناتج عن ضربات القلب. وبعملية الرشح هذه تدخل جميع محتويات بلازما الدم من ماء وجلوكوز وبولينا وأملاح وأحماض أمينية مختلفة إلى محفظة بومان، والمواد الوحيدة التي لا تستطيع المرور من خلال جدران الشعيرات الدموية هي التي تكون جزيئاتها كبيرة كالبروتينات.

إضـــاءة

يقدر السائل الراشح الذي يدخل إلى الأنابيب البولية بحوالي ١٨٠ لتراً يومياً ولكن الإنسان لا يخرج من هذا السائل بشكل بول إلا حوالي ١,٥ لتر فقط يومياً، ولذلك تقوم الكلية بإرجاع الماء وما به من أملاح ومواد نافعة إلى الدم مرة أخرى ويتضح الآن أهمية الكليتين في الحفاظ على المحتوى المائي والملحي لسائل الدم في الإنسان.

٣) تقوم الأنبوبة الملتوية القريبة من الجمع بامتصاص كثير من المواد النافعة كالجلوكوز وبعض الأملاح والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والجلسرين والفيتامينات والهرمونات.

٤) يقوم التواء هنلي بعملية امتصاص أملاح الصوديوم وإعادتها إلى الشعيرات الدموية المحيطة بهذه الأنبوبة. ويتم ضخ أيونات الصوديوم هناك بواسطة الانتقال النشط (Active Transport) الذي يحتاج إلى صرف الخلايا لبعض الطاقة الكيميائية (ATP) الموجودة فيها، ويتبع انتقال الصوديوم أيونات الكلور وبعض الماء، .والجدير بالذكر أن معظم امتصاص الصوديوم يتم في الجزء الصاعد من التواء هنلي.

٥) تقوم الأنبوبة الملتوية البعيدة بالتخلص من الكرياتينين (Creatinine)، حيث تقوم خلايا هذه الأنبوبة باستخلاصها من الدم وإلقائها في تجويفها مع البول.

٦) يمر البول خلال الأنابيب الملتوية البعيدة إلى الأنابيب الجامعة وهو لا يزال محتوياً على كميات من الماء، يتم التخلص

من معظمها في الأنابيب الجامعة لأن جدرها نفاذة للماء. ويكون انتقال الماء هنا بالخاصية الاسموزية.

ومما يجدر ذكره هنا أن الغدة نخامية تقوم بتنظيم درجة تركيز (تخفيف) البول الخارج من الأنابيب الجامعة إلى حوض الكلية. فهذه الغدة تفرز هرمون الفازوبرسين (Vasopressin) ليؤثر على جداران الأنابيب الجامعة بغية تحديد كمية الماء المسموح بامتصاصها حسب حاجة الجسم.

وبهذا فإن البول الذي يدخل إلى حوض الكلية قد تم تركيزه. وهو الآن يحتوي على الماء مذاباً به البولينا، وقليل من حمض البوليك، ونسبة ضئيلة جداً من الأملاح الأخرى ككلوريد الصوديوم والبيكربونات.

عن طريق الانتشار السلبي (Passive Difusion) مما يجعل البول في الأنابيب الجامعة أكثر تركيزاً مما هو عليه في الراشح الجمعي (Glomerular Filtrate)

الأحياء في حياتنا

زراعة الكلى:

إن العلاج الحاسم لقصور كلا الكليتين هو عملية زراعة الكلى، وتجرى عادة باستخدام كلية مأخوذة من قريب، ويمكن بواسطة الحاسوب ترتيب مواءمة نسيجية مع شخص أصيب بحادث عرضي مميت. وقد أنشيء مركز وطني للكلى (المركز السعودي لزراعة الأعضاء) مهمته الأساسية متابعة مرضى الفشل الكلوى بكافة جوانبها.

وعملية تنقية الدم باستخدام الكلية الاصطناعية، عملية مكلفة ومجهدة للمريض، ويُعطى المريض عقاقير تحد من رفض جسمه للكلية المزروعة. ومن المعروف أنه يُمكن للإنسان أن يعيش حياة طبيعية بكلية واحدة فقط.

وللاستزادة يمكنك الرجوع إلى موقع:

١- المركز السعودي لزراعة الأعضاء **www.scot.org.sa**

٢- برنامج زراعة الكلى (مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث)

www.kideny.transplant.org.sa

تـأمـل

تقوم الأنابيب البولية بعملية امتصاص معظم الماء وما به من مواد ذائبة وإعادتها إلى الدم الأمر الذي يؤدي إلى تركز البول وتتميز هذه الأنابيب بتركيب خاص يمكّنها من القيام بوظيفتها بشكل فعال فبالإضافة إلى كونها طويلة جداً (يبلغ مجموع أطوال الأنابيب البولية مجتمعة ما يقارب ٥٠ ميلاً) فإنها تتخذ تنظيماً متناسقاً متميزاً يسهل عملية الامتصاص التي تقوم بها، فالتواءات هنلي التي تؤدي لها القنوات الملتوية القريبة الموجودة في قشرة الكلية تخترق النخاع ثم تعود إلى القشرة مؤدية إلى القنوات الملتوية البعيدة والسؤال الذي يرد إلى الذهن الآن هو: لماذا يحتاج مثل هذا النظام التركيبي إلى التواء هنلي ؟ وما فائدة هذا الالتواء المميز؟

لقد تبين أن هذا الالتواء يقوم بوظيفة هامة ألا وهي التنظيم والحفاظ على تركيزات تدريجية لأيونات الصوديوم تتزايد كلما اتجهنا نحو أجزاء أعمق من نخاع الكلية. وبهذه الطريقة يمكن أن تستخلص كميات من الماء من الأنابيب الجامعة عن طريق الانتشار السلبي (Passive Difusion) مما يجعل البول في الأنابيب الجامعة أكثر تركيزاً مما هو عليه في الراشح الجمعي (Glomerular Filtrate).

التقويم

السؤال الأول : عرف (ما المقصود) بالمصطلحات العلمية الآتية :

١)النتح. ٢) الفجوات المنقبضة. ٣) قنوات ملبيجي.

السؤال الثاني : اختر الإجابة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

١) تستطيع البلاناريا التخلص من الماء الزائد عن حاجتها بواسطة :

أ) الخلايا اللهبية ب) الفجوات المنقبضة جـ) قنوات ملبيجي د) القنوات الهدبية

٢) يتم تكوين مادة البولينا في :

أ) الكلية ب) الدم جـ) المثانة البولية د) الكبد.

٣) يتم امتصاص معظم الماء والأملاح من الراشح الجمعي في :

أ) محفظة بومان ب) حوض الكلية جـ) الجمع نفسه د) الأنابيب البولية.

٤) أي المخلوقات الأتية تحتوي على فجوات منقبضة؟

أ) البراميسيوم ب) دودة الأرض جـ) الجرادة د) الحمامة.

السؤال الثالث : أكمل الفراغ بما يناسبه فيما يأتي :

١) الظاهرة التي يتم فيها خروج الماء في النبات على شكل قطرات تسمى.....

٢) الفضلات الأكثر ضرراً هي التي تنتج عن أيض المواد الغذائية.....

٣) المادة الإخراجية الأساسية التي تفرزها المخلوقات الحية التي تعيش في الماء تسمى.....

٤) انتقال المواد من الجانب الأقل تركيزاً إلى الجانب الأكثر تركيزاً تسمى عملية.....

السؤال الرابع : علل لما يأتي :

١) تعتبر كمية الفضلات في النباتات قليلة مقارنة بكميتها في الحيوانات.

٢) يتم إعادة امتصاص المواد النافعة من الأنابيب الكلوية إلى الدم في الإنسان.

السؤال الخامس : اذكر بعض الطرق التي تتخلص بها النباتات من فضلاتها ؟

السؤال السادس : وضح بالرسم فقط مع كتابة البيانات :

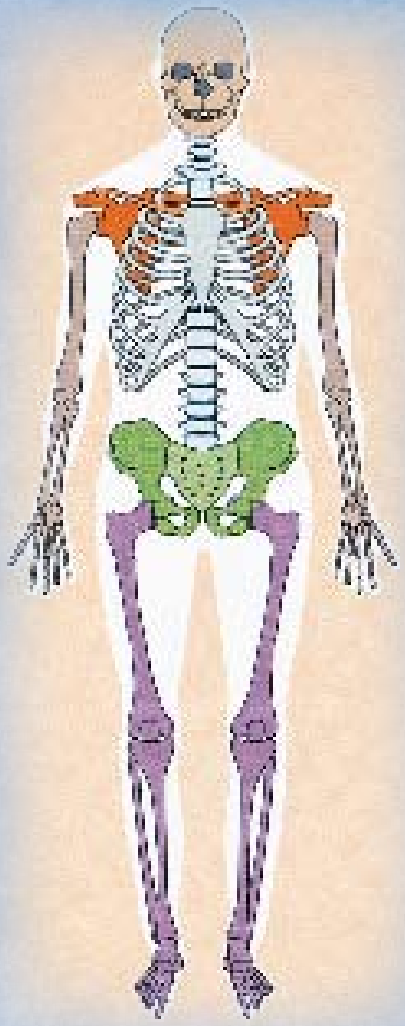
١) القنوات الهدبية (النفريديا).

٢) الخلايا اللهبية.

٣) تركيب الوحدة الكلوية.

١٢

الدعامة والهيكل



الأهـداف

يتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل أن :

١) تتعرف على الدعامة في بعض الحيوانات الأولية .
٢) تعدد أنواع الأنسجة الدعامية في النباتات .
٣) تصف تركيب الهيكل الدعامي في حيوان الإسفنج .
٤) تصف تركيب الهيكل الدعامي في حيوان المرجان .
٥) توضح دور الغلاف البرنسي في الرخويات لتكوين هيكلها الدعامي .
٦) تعدد مكونات الهيكل الغضروفي في الأسماك الغضروفية .
٧) تصف تركيب العظام في جسم الإنسان .
٨) تعدد مكونات الجهاز الدعامي (العظمي) في جسم الإنسان .
٩) تمارس القواعد الصحيحة للمحافظة على سلامة الهيكل العظمي .
١٠) تتأمل قدرة الله سبحانه وتعالى في خلقه ، من خلال دراستك لمدى التلاؤم بين التركيب والوظيفة في الأجهزة الدعامية للمخلوقات الحية .

مقدمة :

تحتاج المخلوقات الحية إلى تدعيم أجسامها ضد المؤثرات الخارجية،وتختلف هذه المخلوقات الحية في طرق دعامتها،حيث تتدرج طرق دعامتها من أنسجة دعامية إلى هياكل خاصة، ويعتمد وجود الهيكل الدعامي على حجم المخلوق الحي.

وسوف ندرس أنماطاً مختلفة للدعامة في بعض المخلوقات الحية، فيما يلي :

الدعامة في بعض المخلوقات الحية الأولية :

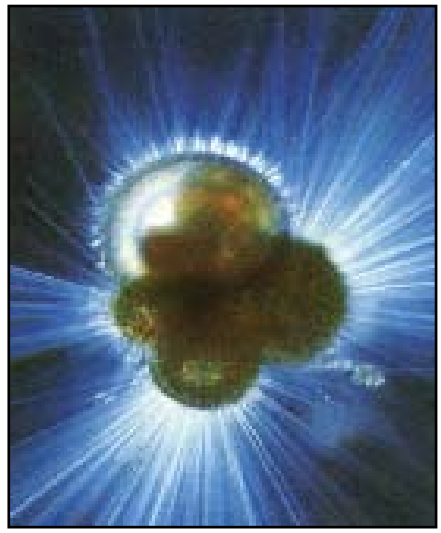
هناك بعض المخلوقات الحية الأولية وحيدة الخلية يكون لها دعامة مثل :

١) **المثقبات** (Foraminifera) :

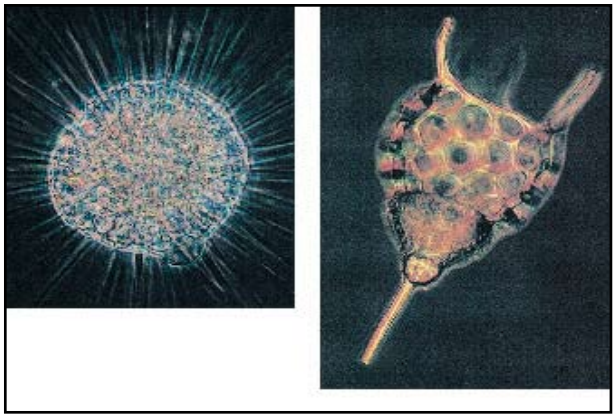
وهذه تستمد دعامتها من هيكل خارجي على شكل صدفة (قشرة) خارجية كلسيه. وتتكون هذه الصدفة من ترسب كربونات الكالسيوم وتكون مكونة من غرفة واحدة أو أكثر،تتخذ هذه الغرف ترتيبات مختلفة في صف واحد،أو بالتبادل على الجهتين أو تتخذ شكلاً حلزونياً.

٢) **الشعاعيات** (Radiolaria):

وهذه تستمد دعامتها من هيكل داخلي يتمثل في قشرة مركزية،تتشعب منه مجموعة من الأشواك والزوائد الكيتينية أو السيليكونية.



أحد أنواع المثقبات



بعض أنواع الشعاعيات

نشاط عملي

افحص شرائح جاهزة لأنواع مختلفة من المثقبات والشعاعيات ، ولاحظ الهياكل الدعامية لها.

الدعامة في النبات :

يتكون الجسم في معظم النباتات من أنسجة دعامية مكونة من خلايا ذات جدر خلوية صلبة نوعاً ما، وبالإضافة إلى ذلك فإن بعض الخواص الفسيولوجية لبعض الخلايا تساعد على تدعيم جسم النبات،كضغط الامتلاء الذي يتولد في بعض الخلايا نتيجة امتلائها بالماء أو ببعض السوائل وانتفاخها.

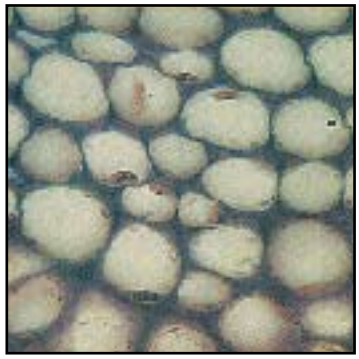
يختلف توزيع الأنسجة الدعامية في الأجزاء النباتية حسب نوع القوى التي يتعرض لها العضو النباتي فقد تكون على هيئة كتل صماء في مركز العضو الذي يقاوم الشد كما في الجذر أو قد تكون على هيئة اسطوانة تحت البشرة لمقاومة الضغط كما في الساق.

أنواع الأنسجة الدعامية في النباتات :

١) الأنسجة الكولنشيمية Collenchyma tissues:

يتكون هذا النسيج من خلايا مستطيلة متراصة متباينة الشكل مليئة بالبروتوبلازم، وجدر هذه الخلايا مكونه من السليلوز والبكتين،غير منتظمة التغلظ، وأطرافها قائمة الزوايا أو مائلة أو مستدقة، وتتشابك هذه الخلايا لتكون أشرطة كالألياف.

يقوم النسيج الكولنشيمي بتدعيم سيقان النبات في المراحل المبكرة.



نسيج كولنشيمي

٢) النسيج السكلارنشيمي Sclerenchyma tissues:

الخلايا الليفية

وهو طراز آخر من أنسجة التدعيم، وتمتاز خلايا هذا النسيج بالجدر الصلبة المحتوية على اللجنين، وعند تمام النضج تكون الخلايا غالبا خالية من البروتوبلازم، وجدر هذه الخلايا منتظمة التغلظ وتتباين أشكال خلايا هذا النسيج وأحجامها .

وأهم أنواع خلايا هذا النسيج هي :

أ) **الألياف** : وهي خلايا مستطيلة مدببة الأطراف جدرها تحوي مادة اللجنين غالباً، وتوجد في أجزاء النبات جميعها تقريباً، ويوجد منها طرازان متميزان شكلاً وهما : ألياف اللحاء وألياف الخشب . وتوجد الألياف إما منفردة أو مجموعات صغيرة مبعثرة بين خلايا أخرى. وتمتاز الألياف بكونها أشرطة تمتد طولياً لمسافات كبيرة. وأهمية الألياف كنسيج تدعيم ترجع لانتظامها في هذه الكتل الطويلة.

ب) **الخلايا الحجرية** : وهي خلايا غير منتظمة الشكل،تتفاوت كثيراً في شكلها وتغلظ جُدرها وغالباً ما تكون أقطارها متساوية تقريباً.

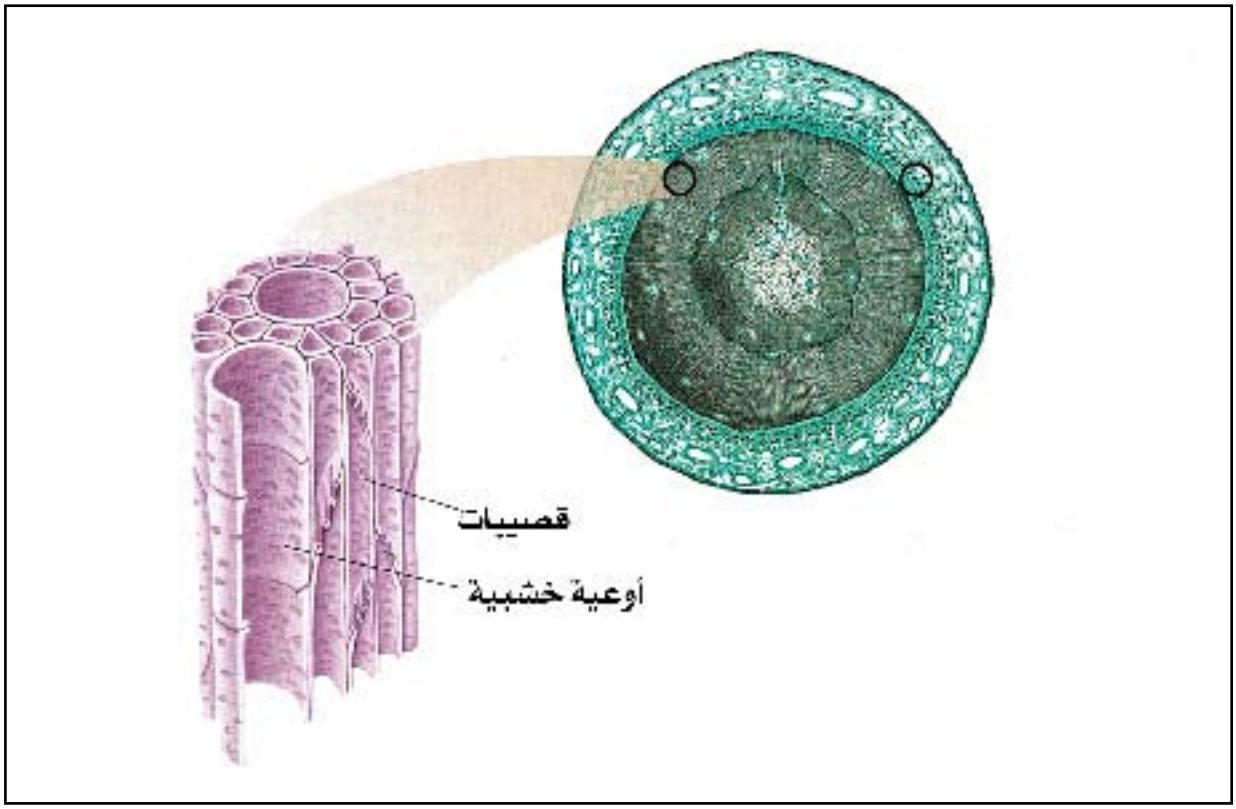
وتوجد في أماكن متعددة من جسم النبات، إلا أنها تكثر في القشرة واللحاء وفي الثمار والبذور خصوصاً في الأجزاء الصلبة من الجذور وفي جذور بعض الثمار كالبندق .

٣) النسيج الخشبي Xylem tissues :

يعتبر الخشب التركيب الدعامي الأساسي في النباتات الوعائية ، ويتكون هذا النسيج من عدد من العناصر من أهمها القصيبات وخلاياها مستطيلة مدببة الأطراف جدرها تحوي مادة اللجنين، ولكنها ليست شديدة التغلظ. ووظيفة القصيبات الأساسية هي توصيل الماء والتدعيم .

ويضم نسيج الخشب أيضاً طرازاً أو أكثر من الألياف وطرازاً أو طرازين من الأوعية الخشبية

وخلايا برنشيمية تعرف ببرنشيما الأشعة الخشبية، و الأوعية الخشبية يزداد فيها قطر الخلية ويصبح الجدار مثقباً بفتحات كبيرة تسمح بالانتقال المباشر للماء من خلية لأخرى.



النسيج الخشبي

نشاط عملي

افحص شرائح جاهزة لمقاطع عرضية في ساق وجذر نباتات ذات الفلقة وذات الفلقتين . ولاحظ أنواع الأنسجة الدعامية فيها ومكانها وارسمها.

الدعامة في الحيوانات :

تحتوي بعض الحيوانات على أجهزة دعامية، تساعدها على تأدية وظائفها المختلفة، وتزداد الحاجة إلى الهيكل الدعامي كلما ازداد حجم الحيوان.

والهيكل الدعامي يخدم الحيوان لتأدية أغراض مختلفة منها:

١) أنه يعمل كدعامة لتقويم الجسم الهلامي واعطائة القوام المناسب والشكل المحدد.

٢) أنه يعمل على حماية الحيوان، وهذه المهمة تظهر جلية في الحيوانات التي تحيط بها هياكل خارجية تقيها من الصدمات الميكانيكية. والهياكل الداخلية أيضاً تخدم غرض الحماية. فالقفص الصدري في الإنسان يحمي القلب والرئتين من الصدمات الخارجية كما أن الجمجمة تقي الدماغ من مخاطر الصدمات الخارجية أيضاً.

٣) للهياكل الدعامية أهمية كبيرة في توفير حركة الحيوان معقد التركيب، وضمانها بسهولة، وذلك لكون بعض أجزائها تعمل عمل الروافع، وتتصل بها العضلات الهيكلية. فتحريك أطراف الجسم مثلاً يعتمد كثيراً على حركة العظام وبانقباض مجموعات من العضلات الهيكلية المتصلة بها وانبساطها. وبتحريك هذه الأطراف يستطيع الحيوان أن يمارس نشاطاته في بيئته كالسعي لتحصيل غذائه، أو هربه من عدوه... إلخ. وهنا تجدر الإشارة إلى أنه يجب أن يكون هناك نوع من التوازن بين كبر العظام وسماكتها لزيادة الوقاية والحماية، وبين خفتها لتسهيل حركة الحيوان.

وسندرس أمثلة للدعامة في بعض الحيوانات، فيما يلي:

الدعامة في الإسفنج :

دعامة الإسفنج داخلية تتكون من شويكات مكونة من كربونات الكالسيوم أو السيليكون، وقد تلتحم هذه الشويكات لتكون هيكلاً. ويحتوي إسفنج الحمّام على ألياف دقيقة من مادة الإسفنجين.

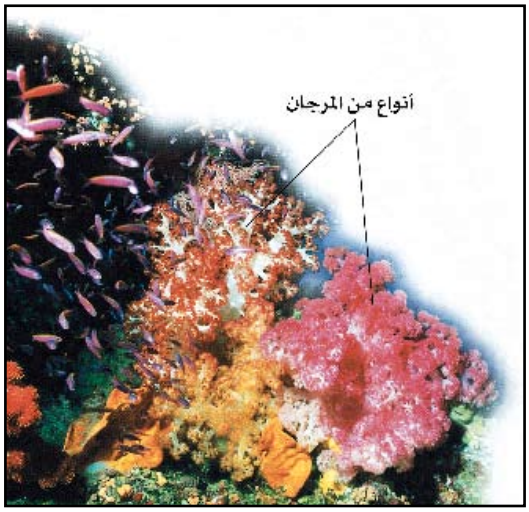
إسفنج

نشاط عملي

ادرس هياكل دعامية لبعض الاسفنجيات ولاحظ الأشواك التي تدعم جسم الحيوان الإسفنجي.

الدعامة في الجوفمعويات :

الدعامة في الجوفمعويات مثل المرجان تتكون نتيجة إفراز هيكلي خارجي عند قاعدة كل حيوان وتتصل هذه الهياكل مع بعضها لتكون هيكلاً مشتركاً ضخماً للحيوانات المتجاورة. وفي السواحل الغنية بالمرجانيات تتكون حواجز أو جزر مرجانية جميلة متعددة الأشكال و الألوان وبعض الجوفمعويات لها هياكل قرنية.



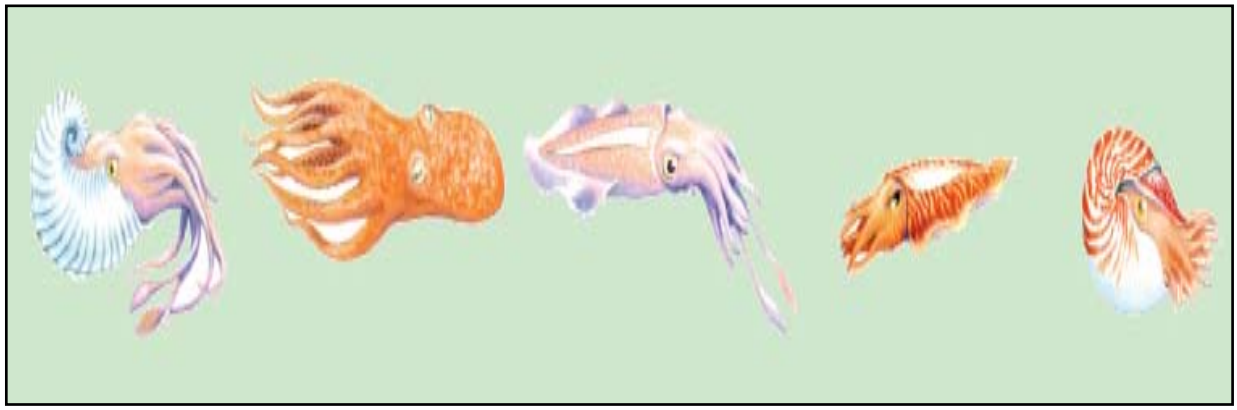
بعض أنواع المرجان

نشاط عملي

ادرس هياكل خارجية لبعض المرجانيات ولاحظ كيف تتجمع هذه الهياكل بشكل مستعمرات.

الدعامة في الرخويات (الأصداف):

يفرز البرنس (Mantle) المغطي لجسم الحيوانات الرخوية غطاء للجسم يتكون من جزء واحد إلى ثمانية أجزاء تسمى في مجملها الصدفة (الدرقة). وقد تختزل أجزاء الدرقة أو تختفي أو قد تنغمس داخل الجسم. فهيكل البطنقدميات مثلاً يتكون من صدفة (محارة) ذات فص واحد وقد تكون هذه الصدفة قصيرة أو طويلة. وقد تتخذ أشكالاً عدة : فمنها ما هو مخروطي أو مغزلي أو ملتف أو أسطواني مزركش أو أملس والكثير منها يتخذ ألواناً جميلة.



بعض أنواع الرخويات

نشاط عملي

ادرس بعض الأصداف للرخويات ، ولاحظ تركيبها.

الدعامة في الأسماك الغضروفية :

تستمد الأسماك الغضروفية، مثل أسماك القرش وكلاب البحر (كلب السمك)، دعامتها من هيكل غضروفي يتكون من :

١) الجمجمة التي تحيط بالمخ وأعضاء الحس.

٢) العمود الفقري الذي يتكون من سلسلة من الفقرات ويحيط بالحبل الشوكي. وتتركب كل فقرة من جسم دائري مقعر من الجهتين الأمامية والخلفية ويوجد فوق هذا الجسم القوس العصبي الذي يشارك جسم الفقرة بالإحاطة حول الحبل الشوكي.

٣) الحزام الصدري ويتصل به هيكل الزعنفتين الصدريتين.

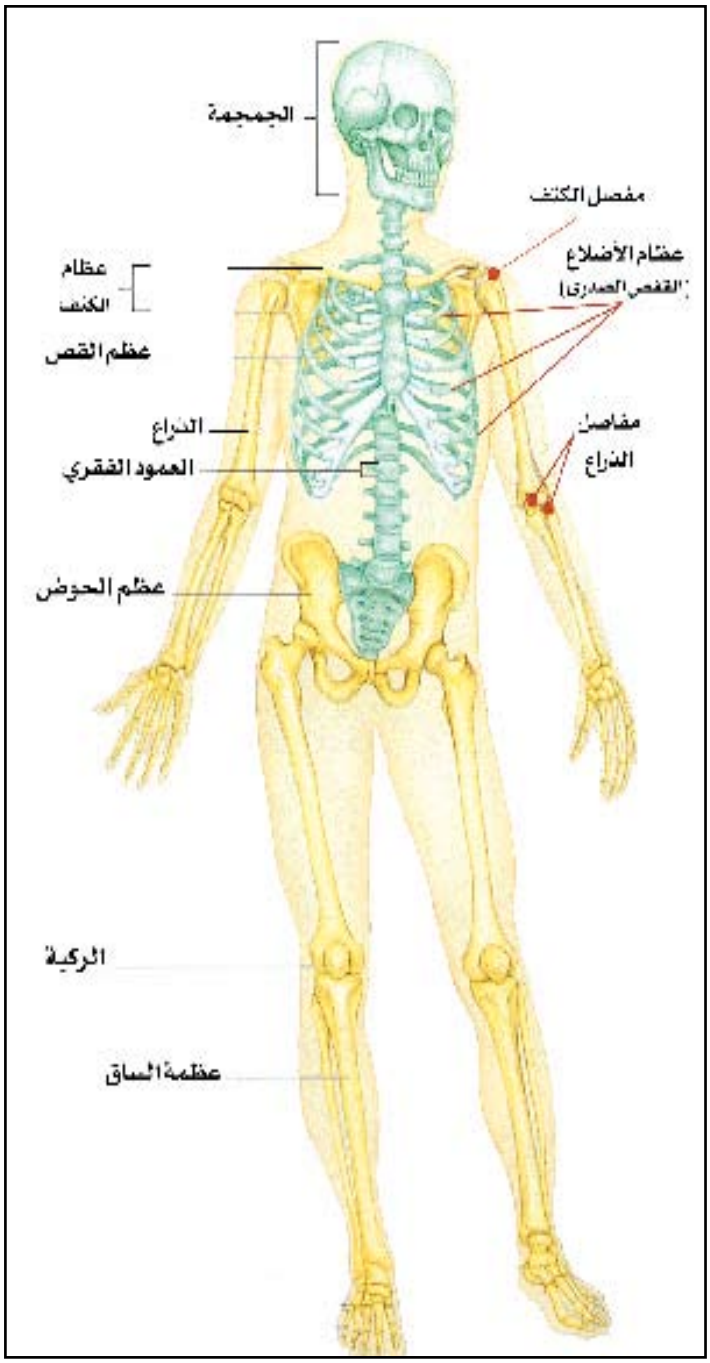
٤) الحزام الحوضي ويتصل به هيكل الزعنفتين الحوضيتين.

نشاط عملي

ادرس هيكل غضروفي لسمك القرش ، ولاحظ مكوناته.

الدعامة في الفقاريات :

تتكون دعامة الفقاريات من جهاز عظمي داخلي ينشأ من الحبل الظهري الجيلاتيني، وتشترك جميع الهياكل العظمية للفقاريات بوجود الجمجمة والعمود الفقري والقفص الصدري والأطراف. وكمثال على الجهاز الدعامي في الفقريات سندرس فيما يلي الجهاز الدعامي في الإنسان.



الجهاز الدعامي (الهيكل العظمي) في الإنسان :

يتكون هذا الجهاز في الإنسان من الجمجمة والعمود الفقري والقفص الصدري وعظام الحوض والأطراف. ويبلغ عدد العظام في الجهاز الدعامي للإنسان ٢٠٦ وتتصل العظام ببعضها بمفاصل تهيئ لأجزاء الجسم حركة محدودة. ويشد العظام في جميع أجزاء الجسم عند المفاصل أربطة قوية ليفية تنظم حركتها في الاتجاه المطلوب. وتتكون هذه الأربطة من نسيج متين يتمزق إذا ثني المفصل أكثر من حدود حركته .

وظائف الهيكل العظمي :

يقوم الهيكل العظمي بعدد من الوظائف الهامة للجسم منها :

١) حماية أعضاء الجسم الهامة مثل القلب والدماغ .

٢) تدعيم الجسم، واعطاءه الشكل العام .

٣) يساعد على حركة الجسم، لارتباطه بالعضلات ووجود المفاصل بين العظام .

٤) تشكيل خلايا الدم الحمراء في نخاع العظم الأحمر.

تركيب العظام :

العظام Bones عبارة عن أنسجة ضامة قوية، وتتكون من مادة بروتينية تسمى الكولاجين، تترسب عليها أملاح معدنية من فوسفات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم. وتعتمد قوة العظام على التوازن بين الفوسفور والكالسيوم اللذين يتأثران بنشاط بعض الغدد الصماء وأهمها الغدد جارات الدرقية كما يتأثران بالفيتامين د (D).

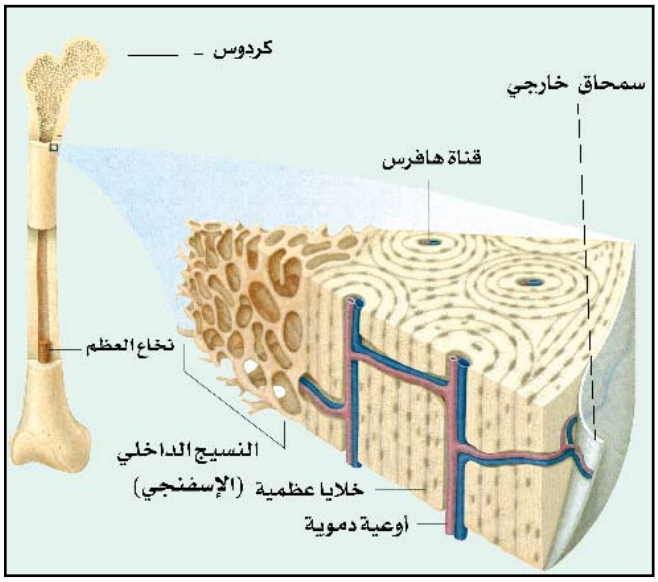
وللعظام في الإنسان طبقة خارجية كثيفة تعرف بالقشرة تغطي طبقة داخلية أسفنجية يتخللها النخاع. وتنتشر في نسيج القشرة والعظم الإسفنجي فرج دقيقة تحوي خلايا العظام.

➤ **وعند فحص قطاع طولي في العظم الطويل نجد التراكيب الآتية :**

١) **ساق العظم**: ويمثل الجزء الأساسي من العظم حيث ينتهي عند طرفية بانتفاخين هما (الكردوس القريب والكردوس البعيد)، ويوجد في وسط جسم العظم ثقب صغير يسمى الثقب المغذي.

٢) **تجويف العظم**: وهو عبارة عن فراغ يجري بطول العظم يحتوي على خلايا دهنية وأوعية دموية وأعصاب .

٣) **غلاف عظمي خارجي**: عبارة عن غشاء ليفي يتكون من نسيجين هما النسيج الضام الخارجي (السمحاق الظاهر)، والنسيج الضام الداخلي الذي يحيط بتجويف العظم (السمحاق الداخلي أو الباطن) .



رسم تخطيطي لقطاع طولي في عظم

إضـــاءة

يوجد بين الجزء المنتفخ (الكردوس) والساق في العظام طبقة من الغضروف الزجاجي تسمى القرص بين القاعدي تساعد على زيادة العظم في الطول، حيث تسمح بنمو واستطالة العظم ، ويبقى هذا القرص في الإنسان حتى يصل إلى عمر معين ثم يتحول بعدها إلى عظم كثيف فيتوقف نمو العظم ، فلا يزداد طول الإنسان بعد ذلك.

مكونات الهيكل العظمي :

يتركب الهيكل العظمي في الإنسان من :

١) **الجمجمة**: وتتكون من مجموعة من العظام تغطي الدماغ وعظام الوجه والفك السفلي. ويرتكز الرأس على الفقرات العنقية.

٢) **العمود الفقري**: ويقسم إلى خمس مناطق هي :

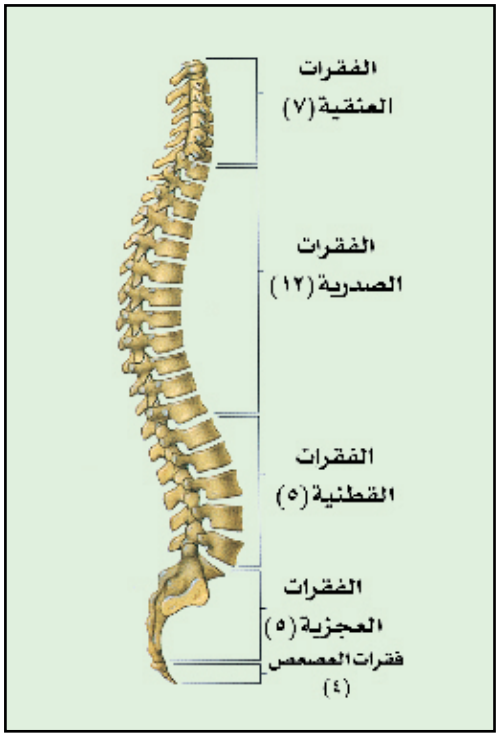
أ) الفقرات العنقية وعددها سبع.

ب) الفقرات الصدرية وعددها اثنتا عشراً ويتصل بها الضلوع الجانبية.

جـ) الفقرات القطنية وعددها خمس.

د) الفقرات العجزية وعددها خمس فقرات ملتحمة بعضها ببعض ويتصل بها الحزام الحوضي.

هـ) فقرات العصعص وعددها أربع فقرات صغيرة ملتحمة تكون الطرف الخلفي للعمود الفقري.



العمود الفقري

إضـــاءة

يوجد في جمجمة الأطفال حديثي الولادة مناطق طرية مغطاة بأغشية ليفية بين عظام القحف وهذه المناطق تسمى اليوافيخ **Fontanets**، تساعد هذه المناطق عظام الجمجمة للجنين من الانضغاط أثناء عملية الولادة وفي تحديد رأس الجنين قبل الولادة كما تسمح بالنمو السريع للدماغ أثناء الرضاعة، وهذه المناطق تستبدل مع الزمن بالعظام.

وجسم الفقرة ليس به تجويف وهذا يكسب الجهاز الهيكلي قوة وصلابة. وتوجد بين كل فقرتين متتاليتين وسادة مرنة من نسيج غضروفي ليفي متين. وهذه الوسائد أو الأقراص تقابل المفاصل الغضروفية الليفية المحددة للحركة، وتسمح لها بمقدار محدد من الانثناء والالتواء في كل اتجاه.

الأحياء في حياتنا

الانزلاق الغضروفي للعمود الفقري:

هو خروج اللب النووي من مكانه في تركيب الغضروف بسبب تأثير ضغط شديد، إلى القناة الشوكية مما يؤدي إلى الضغط على الأعصاب في القناة الشوكية، وقد يسبب هذا الضغط تأثيراً على وظيفة الأعصاب الحسية أوالحركية فينتج عنه آلام في الظهر والرجل ونقص في قوة العضلات من الفخذ إلى القدم، وهذا ما يعرف بـ (عرق النساء).

وتحصل عملية الانزلاق الغضروفي في الرجال أكثر من النساء، ما بين سن ٢٠ إلى ٤٠ عاماً، ومن مسببات هذا الانزلاق رفع الأوزان الثقيلة بطريقة غير سليمة، ويمكن أن يتعافى الشخص المصاب بالانزلاق الغضروفي بدون عمليات جراحية، وذلك باتباع الطرق الوقائية لتفادي زيادة الضغط على الغضروف قبل أن يزداد التمزق ويزداد الضغط على الأعصاب وذلك عن طريق الراحة التامة مع أخذ المسكنات لإعطاء الوقت الكافي للغضروف المتمزق أن يلتحم، واللجوء إلى العلاج الطبيعي لتقوية العضلات.

كما يمكن وقاية الغضروف من الإصابة بالانزلاق بتخفيف وزن الجسم، وتعلم الطريقة السليمة لرفع الأثقال، وممارسة الرياضة اليومية من المشي والسباحة وغيرها.

٣) **القفص الصدري**: يتكون من الفقرات الصدرية خلفاً ومن عظم القص أماماً ومن أزواج من الأضلاع الاثني عشر تصل بين كل زوجين منها مفاصل غضروفية ليفية تسمح للصدر بالاتساع بعض الشيء. ويتكون حزام الصدر من عظم خلفي مفلطح موجود على كل جانب يسمى لوح الكتف، وعظم أمامي ضيق يسمى الترقوة. وتتصل الترقوة من الأمام بالقص، ومن الخلف بشوكة علوية بارزة من اللوح تسهم في تكوين مفصل الكتف. ولا يلتصق اللوح بأي عظم على الإطلاق، لذا فإنه قادر على التحرك مع حركات الذراع التي تتصل به اتصالاً مفصلياً.

٤) **عظام الحوض**: وتتكون من الحرقفتين اللتين تتصلان من الخلف بالعجز بمفصلين غضروفيين ويتصل نصفا الحوض من الأمام كذلك بمفصل ليفي يسمى الارتفاق العاني.

ابحث

لماذا تكون عظام الحوض في الأنثى أعرض منها في الذكر؟

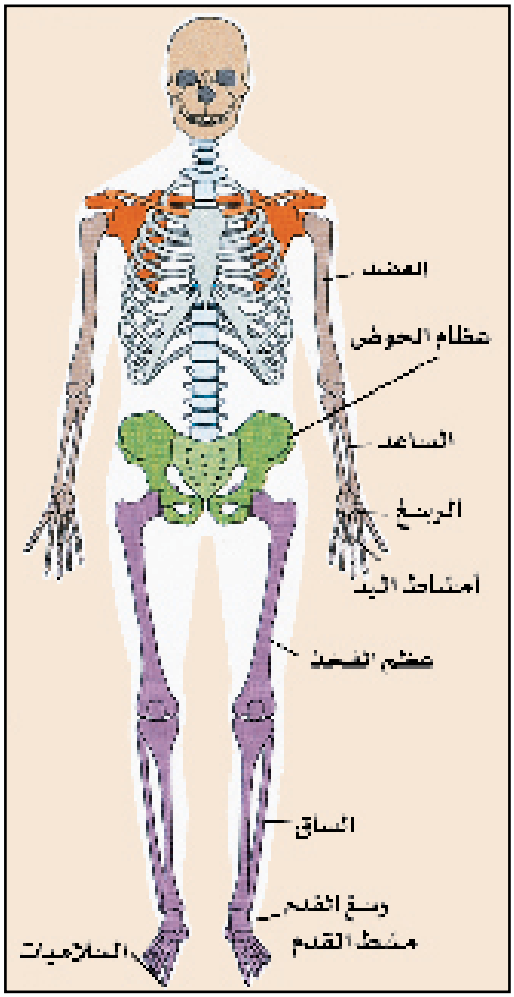
٥) **عظام الأطراف**: وتقسم إلى عظام الطرف العلوي وعظام الطرف السفلي.

تتركب عظام الطرف العلوي (الذراع) من :

أ) **العضد**: وهو عظمة واحدة طويلة وقوية يتمفصل رأسها مع الحزام الصدري عند مفصل الكتف.

ب) **الساعد**: **ويتركب من عظمتين هما**: الكعبرة والزند. وهما أرق قواماً من العضد ويكونان النصف السفلي من الذراع (الساعد)، ويقابلان ثلاثة من عظام الرسغ.

ج) **الرسغ**: و يتكون من عظيمات كثيرة العدد صغيرة الحجم.



الهيكل العظمي في الإنسان

د) **اليد**: و تتكون من أمشاط اليد وعددها خمس عظام مستطيلة، وسلاميات الأصابع وعددها ثلاث في كل إصبع، ماعدا الإبهام فيه سلاميتان فقط. وتتيح العظام الكثيرة في راحة اليد سهولة حركة اليد ومرونتها ودقتها. ويتميز الإبهام بقدرته الخاصة على الحركة التي تعزى إلى استقلال عظمه وبعده عن عظام المشط الأخرى.

أما الطرف السفلي فتشبه عظامه عظام الذراع, ولكنها تختلف عنها حجماً وقوة. وتتكون عظام الطرف السفلي من:

أ) **عظم الفخذ**: وهو أكبر وأقوى عظام الجسم ويتصل رأسه مع الحوض بمفصل عميق.

ب) **الساق**: ويتركب من عظمتين هما: القصبة والشظية.

ج) رسغ القدم.

د) **القدم**: وتتركب من أمشاط القدم وعددها خمس عظمات. وسلاميات أصابع القدم وعددها ثلاث في كل إصبع ماعدا الإصبع الكبير فيه سلاميتان فقط.

معلومات إثرائية

فرقعة الأصابع:

تمتاز بعض المفاصل الزلالية بقدرتها على إطلاق أصوات فرقعة عند سحب العظام المتمفصلة، وسبب ذلك هو تكوين فقاعات من ثاني أكسيد الكربون نتيجة لتولد ضغط سالب داخل السائل الزلالي عند بدء سحب العظام المتمفصلة وعند نهاية سحب العظام المتمفصلة فإن الضغط داخل تجويف المفصل يكون أكثر من الضغط داخل الفقاعات مما يؤدي إلى انفجار الفقاعات وإطلاق صوت فرقعة وهذه الأصوات يمكن إحداثها بين سلاميات الأصابع.

ابحث

بالاستعانة بمصادر التعلم المختلفة، اكتب بحثاً عن مرض هشاشة العظام واعرض ذلك على زملائك لمناقشته.

نشاط عملي

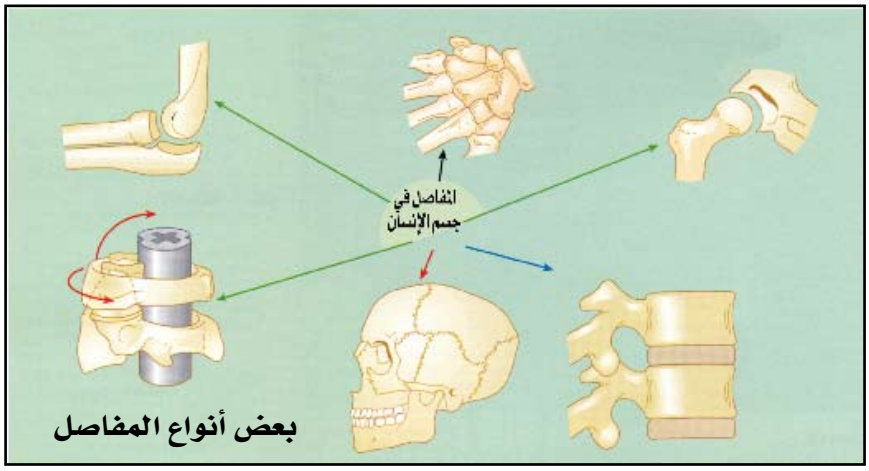
ادرس هياكل عظمية جاهزة لبعض الحيوانات الفقارية مثل : الضفدع ،السحلية ، الحمامة ، الأرنب، الإنسان . ولاحظ مكونات الجهاز الدعامي (الهيكل العظمي) فيها .

أنـــــواع المفـــاصـــل:

١. **مفصل ثابت:** كالمفاصل بين عظام الجمجمة.

٢. **مفصل قليل الحركة:** كما هو الوضع بين الفقرات.

٣. **مفصل متحرك:** كما هو الوضع في الطرف السفلي (اتصال الفخذ بعظام الحوض).



بعض أنواع المفاصل

معلومات إثرائية

أنواع الكسور في العظام:

١) الكسر البسيط ، وهو الذي يحدث بدون أن يتأثر الجلد الذي يغلف العظم، وعادة تلتئم هذه الكسور بعد تجبيسها حيث أن هذا النوع لايحتاج إلا للتثبيت داخل الجبس حتى يلتئم.

٢) الكسر المضاعف، وهو الذي يسبب تمزق الجلد الذي يغلف العظم، ويمكن أن يظهر العظم المكسور من خلال الجلد، ويتم علاج هذا النوع من الكسور بالتدخل الجراحي للتخلص من بقايا الأنسجة الممزقة وشظايا العظم ثم يثبت العظم ويوضع في الجبس.

٣) الكسر المفتت، وهو الذي يحدث فيه تكسير للعظم إلى أجزاء صغيرة ، ويحتاج علاجه إلى التدخل الجراحي لإزالة أجزاء العظم المكسور، وجمع طرفي العظم المكسور بواسطة معدن ومن ثم تثبيت الطرف بالجبس .

وتختلف مدة التحام الكسور بين العظام الطويلة والعظام الإسفنجية ، لكن في كلتا الحالتين ، يتحول العظم المكسور إلى عظم سليم وفق آلية واحدة وهي :

يتجلط الدم المتجمع حول منطقة الكسر خلال أيام قليلة ، وتغزو خلايا العظم هذه الجلطة ، فتبدأ هذه الخلايا ببناء عظم جديد ، الذي يعبي المسافة بين جزئي العظم المكسور، وخلال عدة شهور يتم الاتحاد الكلي بين العظم الجديد وطرفي العظم المكسور، فيعيد له شكله الطبيعي، لذلك يلجأ الطبيب عادة إلى إعادة العظم المكسور إلى مكانه الطبيعي ومن ثم تثبيته باستخدام الجبس الطبي، حتى تتم عملية اللحام على نحو طبيعي ولايتشوه شكل العظم .

الأحياء في حياتنا

الأطرافُ الصناعيَّةُ والمفاصلُ الصناعية:

تتم إزالة كثير من التشوهات الجسدية التي تسببها الإصابات المختلفة الناتجة من الصدمات والحروب فمثلاً تعد الأطراف والمفاصل الصناعية أطرافاً بديلة للأعضاء الأصلية التي فقدها الجسم لسبب أو آخر وذلك بواسطة الجراحات الترميمية، إلا أنه لا يمكن لليد أو الرجل الصناعية أن تقوم مقام الرجل أو اليد الطبيعية التي أنعم الله بها علينا سبحانه وتعالى.

المحافظة على سلامة الهيكل العظمي:

هناك بعض القواعد الأساسية التي يجب اتباعها للمحافظة على صحة وسلامة الهيكل العظمي ومنها:

١- التغذية الجيدة: حيث يجب تناول الأغذية الغنية بأملاح الكالسيوم، وفيتامين (د)، التي تساعد على بناء العظام. وشرب الحليب الذي يساعد على نمو العظام والأسنان لأنه يحوي أملاح الكالسيوم.

كما أن تعريض الجسم لأشعة الشمس صباحاً أو عصراً يساعده على تشكيل فيتامين (د) تحت الجلد اللازم للتعظم.

٢- ممارسة الرياضة: تُساعد الرياضة كالسباحة والمشي على صحة وسلامة الهيكل العظمي خاصة المفاصل وتزيد من قوتها، كما تُساعد على أن يبقى الهيكل العظمي بوضع مستقيم.

٣- الجلسة الصحية: إن المحافظة على الجلسة الصحية تحمي العمود الفقري من التشوه، وذلك بأن يكون الظهر بشكل مستقيماً عند الجلوس، كما يجب تجنب الأوضاع غير المريحة عند الجلوس أو الوقوف والتي قد تؤثر على المفاصل والأربطة، وأيضاً تجنب البقاء على نفس الوضع لفترات طويلة.

٤- الحذر عند حمل الأشياء الثقيلة ومحاولة أن تكون بالطريقة السليمة لكي لا تؤثر على العظام.

٥- استخدم المراتب الطبية أثناء النوم التي تحافظ على العمود الفقري بأن يكون بشكل مريح وبوضع صحي.

٦- مراجعة الطبيب عند حدوث كسر في العظام أو خلع في المفصل.

الأحياء في حياتنا

زراعة خلايا نخاع العظام:

الخلية الجذعية في نخاع العظم هي الخلية الأم التي تنشأ عنها كل أنواع الخلايا الدموية الأخرى، وتعتمد الزراعة على الحصول على هذه الخلية بأعداد كبيرة ثم إعادة حقنها إلى المريض وفق نظام معين وتختلف مناطق الحصول على نخاع العظم حسب العمر ففي الأطفال دون عمر ثلاثة أشهر يمكن الحصول على النخاع من عظمة الساق ويتم زراعة النخاع بعدة طرق منها:

- زراعة نخاع العظم الذاتي (Autologys) ويقصد به زرع نخاع العظم من المريض ذاته.
- زراعة نخاع العظم المتوافق (Syngcnic) وفيه يتم استخدام التوائم كمتبرعين.
- زراعة نخاع العظم المتغاير (Allogenic) . وفيه يتم أخذ النخاع من الأشقاء أو أشخاص غرباء عن المريض وهو أكثر الأنواع استخداماً.

من فوائد زرع نخاع العظام:

يساهم في تخفيف أو شفاء كثير من الأمراض منها:

- الأمراض السرطانية خاصة التي لها علاقة بالدم واللمف.
- أمراض أخرى غير سرطانية مثل فشل نخاع العظام في الإنتاج، أنيميا البحر المتوسط، نقص بعض أنزيمات الكريات البيضاء وغيرها كثير.

ويبقى زرع نخاع العظم عالماً قائماً لوحده ومازال العالم يكتشف يوماً بعد يوم بعضاً من أسراره.

التقويم

السؤال الأول : ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة الخاطئة في الجمل الآتية :

١) تستمد المثقبات دعامتها من هيكل داخلي على شكل صدفة خارجية كلسية. ( )

٢) يقوم النسيج الكولنشيمي في النباتات بتدعيم السيقان في المراحل المبكرة من نموها . ( )

٣) تفرز الأصداف في الرخويات من غلاف مغطي لأجسامها يسمى البرنس . ( )

٤) تستمد أسماك القرش دعامتها من هيكل عظمي يحيط بها . ( )

السؤال الثاني : اكتب (بما لا يتجاوز ثلاثة أسطر) عن ما يأتي :

١) الوظائف التي يقوم بها الهيكل الدعامي في الحيوانات.

٢) وصف تركيب الهيكل الدعامي في الإسفنج.

٣) وصف تركيب الحزام الحوضي في الإنسان.

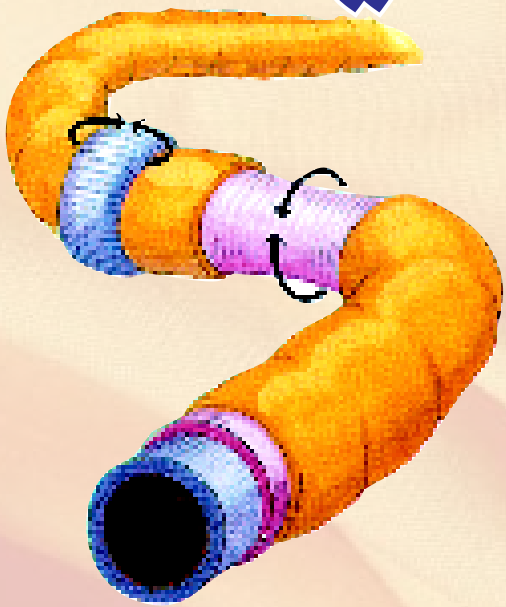
٤) وصف تركيب عظام الطرف السفلي في الإنسان .

٥) وصف تركيب الهيكل الدعامي في كلب السمك.

السؤال الثالث : حدد أنواع المفاصل الثلاثة في جسم الإنسان واذكر وظيفة كل نوع مع إعطاء أمثلة لذلك.

١٣

الحركة والأجهزة العضلية



الأهداف

يتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل أن :

١) تقارن بين أنواع المخلوقات الحية الأولية من حيث الحركة .
٢) تصف الحركة في حيوان الهيدرا .
٣) ترسم أشكالاً مختلفة لبعض التراكيب العضلية في المخلوقات الحية .
٤) تعدد أنواع العضلات في الحيوانات الفقارية .
٥) تشرح طريقة عمل العضلات في جسم الفقاريات .
٦) تبين مصادر الطاقة لانقباض العضلات في الحيوانات الفقارية .
٧) تستنتج أثر ممارسة الرياضة على صحة الجسم والعضلات.
٨) تتأمل قدرة الله سبحانه وتعالى من خلال دراستك لمدى التلاؤم بين التركيب والوظيفة في العضلات .

مقدمة :

إن الحركة هي إحدى الصفات التي تميز المخلوقات الحية عن الجمادات، فالجمادات عديمة القدرة على الحركة؛ أما المخلوقات الحية فلديها القدرة على التحرك تلقائياً. فسيتوبلازم كل خلية من خلايا المخلوق الحي في حركة مستمرة؛ وتدعى هذه الظاهرة الحركة الدورانية أو السيتوبلازمية.

ونستطيع أن نميز بين نوعين من الحركة في المخلوقات الحية وهي:

١- الحركة الموضعية لبعض أجزاء المخلوق الحي كحركة أوراق النباتات آكلات الحشرات أو الحركة الدودية لأمعاء الفقاريات أو نبض القلب.

٢- الحركة الكلية التي تكاد تنفرد بها الحيوانات التي تمتاز بقدرتها على تعديل سلوكها وفقاً للظروف المحيطة بها.

ويتباين وضوح الحركة وتنوعها وتكيفها حسب نوع الحيوان. فكلما ازداد تعقيد جسم الحيوان وكبر حجمه تزداد الحاجة لمرتكز صلب تتصل به العضلات اللينة وغالباً ما تكون هذه الدعامة مكونة من أكثر من قطعة واحدة؛ وإلا تعذرت الحركة، وقد تكون هذه الدعامة خارجية أو داخلية.

وتتصل أجزاء الهيكل سواءً أكان خارجياً أم داخلياً بعضها ببعض اتصالاً مفصلياً يتيح الحركة لمختلف أجزاء الحيوان.

وسندرس فيما يلي أنماطاً مختلفة للحركة في بعض المخلوقات الحية.

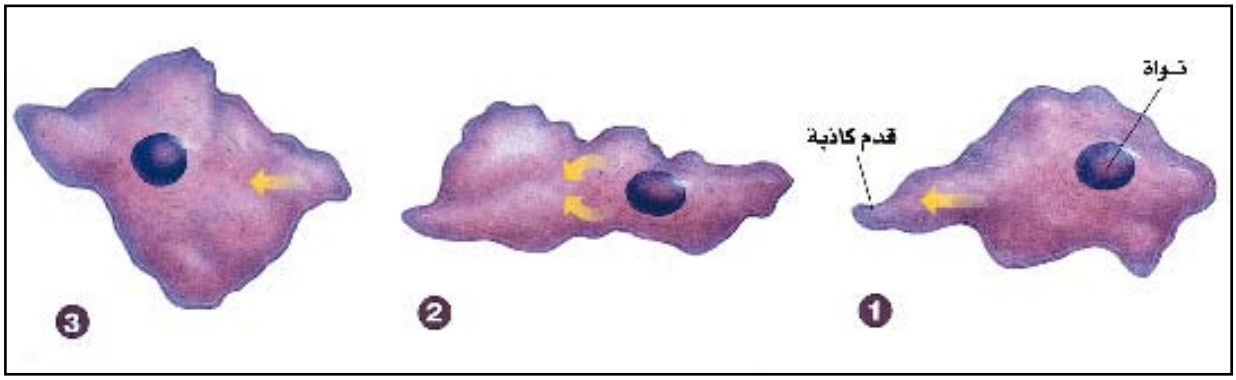
► الحركة في الطلائعيات:

تتعدد وسائل الحركة في الطلائعيات، فمنها ما يتحرك حركة أميبية بواسطة الأقدام الكاذبة كالأميبا؛ أو بالأهداب كالبراميسيوم؛ أو بالأسواط كاليوجلينا؛ أو حركة انزلاقية كبلازموديم الملاريا.

وسندرس الآن بعض أنواع الحركة في هذه المخلوقات الحية.

١) الحركة بواسطة الأقدام الكاذبة:

توجد الأقدام الكاذبة في الأميبا،حيث تستخدمها للحركة، والأميبا ليس لها شكل معين؛ولا يوجد لها محور أمامي أوخلفي.وتعتبر هذه الحركة أبسط أنماط الحركة.



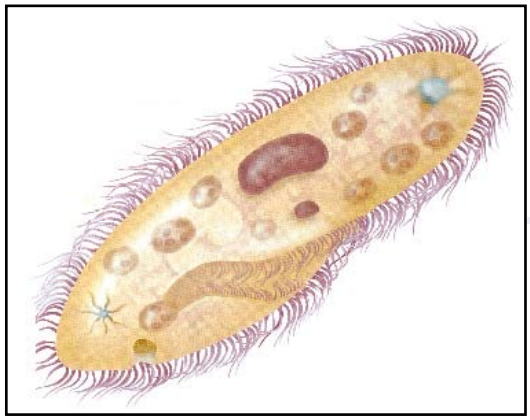
تكوين الأقدام الكاذبة في الأميبا

فعند مراقبة أميبا تتحرك تحت المجهر نجد أننا لا نستطيع تحديد النقطة على سطح الغشاء الخلوي للأميبا التي يمكن أن تبرز عنها قدم كاذبة ينساب الجسم في اتجاهها. وتعتمد الحركة الأميبية على خواص البروتوبلازم الحي في قابلية التحول من حالة السيولة إلى حالة الصلابة؛ ثم الرجوع إلى حالة السيولة مرة أخرى تحت تأثير الأكتوبلازم المتماسك (حالة الصلابة) في نقطة التكوين إلى قوام سائل (حالة السيولة)، وهذا يؤدي إلى تدفق الأندوبلازم الموجود في حالة السيولة نحو هذه النقطة الضعيفة تحت تأثير انقباض في الأطراف الجانبية لها؛ وفي الوقت نفسه يتحول الأكتوبلازم في طرف الأميبا المقابل للقدم إلى قوام أقل تماسكاً ويتدفق بدوره إلى الأمام ليحل محل الأندوبلازم السائل الذي اشترك في تكوين القدم الكاذبة؛ ونتيجة لذلك ينتقل المخلوق الحي كله في اتجاه هذه القدم الكاذبة مسافة ضئيلة.

٢) الحركة بواسطة الأهداب:

توجد الأهداب في البراميسيوم، حيث يستخدمها كوسيلة للحركة. يغطي سطح الجُليد في البرامسيوم زوائد دقيقة تسمى الأهداب، وهي غير متساوية في الطول،حيث تكون أهداب الطرف الخلفي أطول من بقية الأهداب، وتكون هذه الأهداب موزعة بانتظام على سطح الجسم كله،كما توجد هذه الأهداب على السطح المبطن للميزاب الفمي. وهذه الأهداب لا تتحرك جميعها في وقت واحد بل إن حركة كل هدب تسبق حركة

الهدب الذي يليه،وتتم هذه العملية بنظام معين تجعل البرامسيوم يندفع للأمام متحركاً حركة حلزونية حول نفسه.



الحركة بواسطة الأهداب (البرامسيوم)

٣) الحركة بواسطة الأسواط:

توجد الأسواط في اليوجلينا، حيث تستخدمها كوسيلة للحركة،يوجد سوطان في اليوجلينا،أحدهما طويل والآخر قصير، وينشأ كل منهما من حبيبة قاعدية مستقرة في السيتوبلازم عند قاعدة الخزان الكروي وذلك في الطرف الأمامي لليوجلينا. تتحرك اليوجلينا في الماء بواسطة السوط الذي يضرب الماء فتدور اليوجلينا حول نفسها متجهة في اتجاه السوط.

الحركة بواسطة الأسواط (اليوجلينا)

فكّر

قارن بين الأهداب والأسواط ؟

نشاط عملي

احصل بمساعدة معلمك على بعض المخلوقات الحية الأولية من مستنقع مائي ، وافحص قطرات من الماء تحت المجهر ، وحاول مشاهدة الأوليات وكيف تتحرك؟

الحركة في النباتات

تختلف النباتات عن الحيوانات ، في أنها لا تحتوي على أعضاء خاصة بالحركة ،وتظهر في الواقع وكأنها ثابتة لا تتحرك ، إلا أنها في الواقع تبدي الحركة بشكل أو بآخر ، حيث تظهر نوعاً من الحركة خلال النهار

وذلك عندما تنحني أغصانها متتبعة قرص الشمس في السماء، كما أن النباتات آكلات الحشرات تتحرك أوراقها حركة موضعية لاقتناص الحشرات.

الحركة في الحيوانات :

الحركة بواسطة خلايا عضلية خاصة كالهيدرا

تحتوي الهيدرا على نوعين من الخلايا العضلية هي :

١) خلايا طلائية عضلية منتشرة في طبقة الأكتودرم (الطبقة الخارجية) تعمل كألياف عضلية طولية،

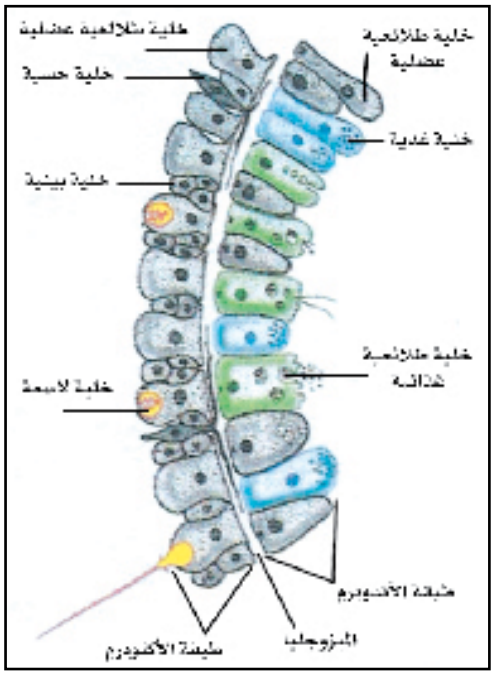
٢) خلايا طلائية عضلية منتشرة في طبقة الأندودرم (الطبقة الداخلية) تعمل كألياف عضلية دائرية.

وتحصل الحركة في الهيدرا من جراء انقباض وانبساط هذه الألياف، فانقباض الزوائد العضلية الدائرية في الأندودرم وانبساط الزوائد العضلية الطولية في الاكتودرم يسببان استطالة جسم الهيدرا ومن ثم حركتها.

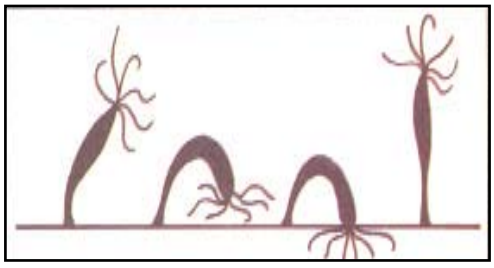
وتستطيع الهيدرا أن تتحرك بإحدى الطرق الآتية:

أ- **الزحف**: وتحدث هذه الطريقة بأن ينحني جسم الهيدرا حتى تلامس الأذرع سطحاً مجاوراً فتلتصق به ، وبعد ذلك تزحف القدم نحو الفم ويستقيم الجسم ، وبتكرار هذه العملية تتحرك الهيدرا خطوة خطوة.

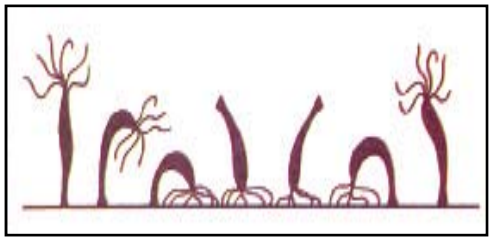
ب- **الشقلبة**: وتحدث بأن ينحني جسم الهيدرا حتى تلامس الأذرع سطحاً مجاوراً فتلتصق به وبعد ذلك تلتف القدم إلى أعلى تاركة الأذرع إلى الأسفل، ثم ينحني الجسم ثانية حتى يلامس قدمها نقطة جديدة فتستقر في مكانها الجديد واقفة على قدمها.



قطاع عرضي في الهيدرا



الزحف في الهيدرا



الشقلبة في الهيدرا

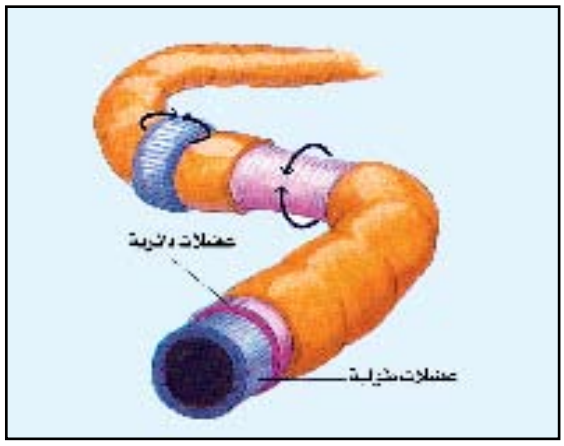
ج) **السباحة**: وتحدث بأن تترك الهيدرا مكان التصاقها بالسطح ، لتطفو على سطح الماء.

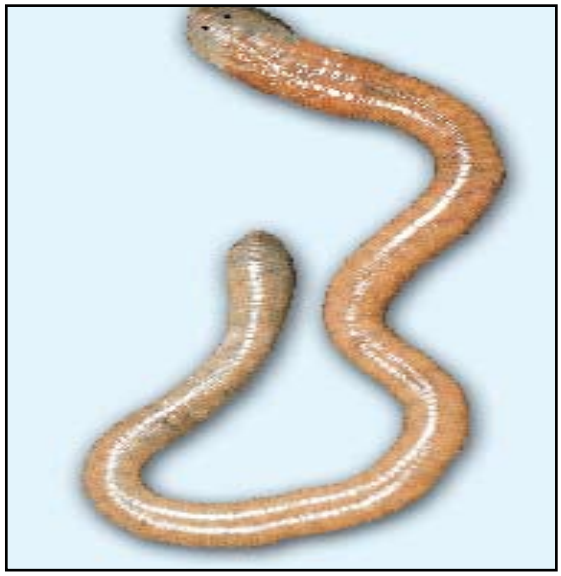
الحركة بواسطة أنسجة عضلية :

تستطيع بعض الحيوانات الحركة بواسطة أنسجة عضلية خاصة، وسندرس كمثال على ذلك دودة الأرض.

► الحركة في دودة الأرض :

يوجد على كل قطعة من الناحية البطنية من جسم دودة الأرض (ماعدا القطعة الأولى والأخيرة) أربعة أزواج من الأشواك تساعد في الحركة، كما أنه يوجد في جدار جسم الدودة طبقة عضلية دائرية وأخرى طولية. وتتلخص طريقة الحركة بأن تثبت الدودة القسم الخلفي من جسمها بواسطة الأشواك، بينما تخفي أشواك القسم الأمامي في جيوب خاصة موجودة في جدار الجسم، ثم تمتد نحو الأمام بانبساط العضلات الطولية، وانقباض العضلات الدائرية التي تضغط على السائل السيلومي، فتدفع مقدمة الجسم إلى الأمام، وتثبتها في الأرض، بينما تختفي أشواك القسم الخلفي ثم تنقبض عضلاتها الطولية، وتنبسط عضلاتها الدائرية، فتنسحب مؤخرة الجسم خلف الجزء الأمامي، وبتكرار هذه العملية تتحرك الدودة.





الحركة في دودة الأرض

نشاط عملي

احصل بمساعدة معلمك على بعض ديدان الأرض ، ضع الدودة على ورقة بيضاء ولاحظ طريقة حركتها .

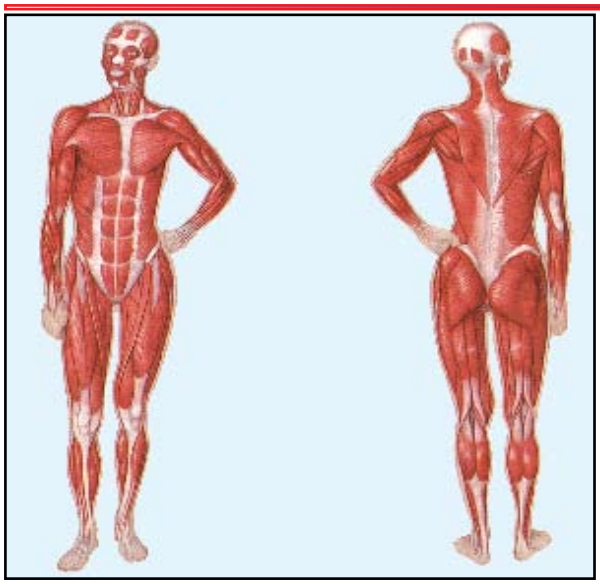
الحركة في الفقاريات :

تعتمد الحركة في الفقاريات ومنها الإنسان على تآزر ثلاثة أجهزة رئيسية :

١) **الجهاز الهيكلي:** الذي يكون الدعامة للأطراف المتحركة.

٢) **الجهاز العضلي:** إذ أنه بانقباض بعض العضلات وانبساطها تحدث حركة الأطراف.

٣) **الجهاز العصبي:** الذي بواسطته تعطى الأوامر للعضلات المعينة كي تقوم بعملية الانقباض أو الانبساط.



العضلات وتوزيعها في جسم الإنسان

وسندرس مثالاً على ذلك الجهاز العضلي في الإنسان.

الجهاز العضلي في الإنسان:

الجهاز العضلي في الإنسان عبارة عن مجموعة من العضلات التي بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الجسم المختلفة .

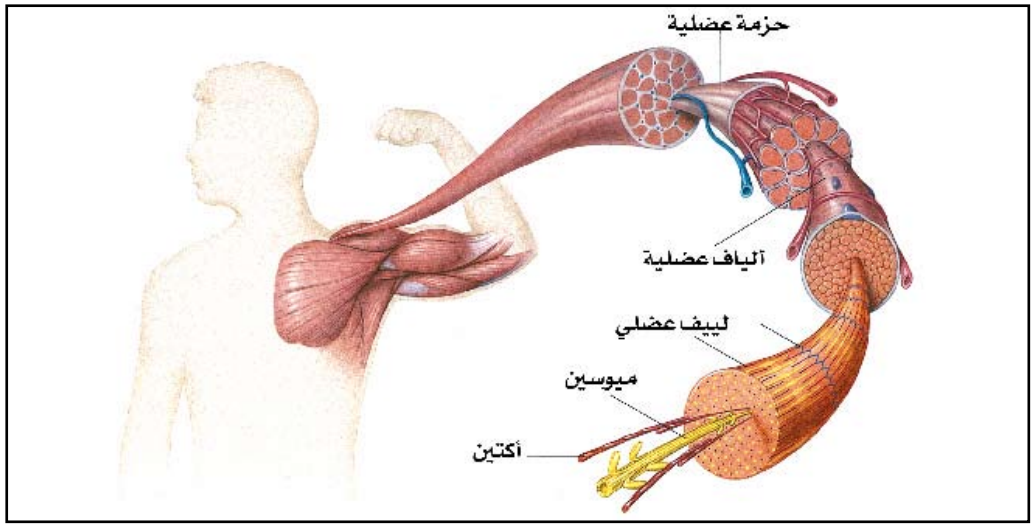
ويوجد في الإنسان ثلاثة أنماط للعضلات هي :

١) العضلات الهيكلية أو المخططة . ٢) العضلات الملساء . ٣) العضلات القلبية .

ترتبط العضلات المخططة إلى عظام الهيكل العظمي لذا فإنها تدعى العضلات الهيكلية. وغالباً ما تخضع للإرادة. ولذا تسمى أيضاً العضلات الإرادية .وتشاهد تحت المجهر مكونة من ألياف مخططة عرضياً لذا تسمى العضلات المخططة. إن التخطيطات العرضية في هذه العضلات هي نتيجة وجود نوعين من الخطوط : نوع داكن يسمى ميوسين وآخر فاتح يسمى أكتين. وللعضلات الهيكلية أشكال متعددة فمنها العضلات الدائرية كعضلة الجفن ومنها الحلقية كعضلة الحجاب الحاجز ومنها المغزلية كأكثر العضلات الإرادية .وقد يكون للعضلات المغزلية رأس واحد أو رأسان أو ثلاثة رؤوس ومنها ماله بطنان . ويحتوي كل ليف عضلي مخطط على العديد من الليفات العضلية . كما يحتوي أيضاً على العديد من النوى .

ويتم انقباض العضلة نتيجة فرق الجهد على جانبي الغشاء الخلوي الخاص بالليفة العضلية .

أما العضلات الملساء فتتكون من ألياف غير مخططة وكل ليفة عبارة عن خلية كبيرة مغزلية الشكل لها نواة واحدة وهي عضلات غير إرادية تمتاز بالبطء كعضلات القناة الهضمية.



قطاع في عضلة

نشاط عملي

افحص شرائح جاهزة لقطاع في عضلة هيكلية، ولاحظ تركيبها وارسمها .

مصادر الطاقة اللازمة لانقباض العضلات (طاقة الانقباض):

١) المصدر المباشر للطاقة لانقباض العضلة هو ثلاثي فوسفات الأدينوسين ATP وحيث أن كميته محدودة في العضلة فإنها لا تكفي إلا لبضعة انقباضات متتالية.

٢) روابط مادة فوسفات الكرياتين حيث تخزن العضلة (في الفقاريات) بعض الطاقة في روابط مادة فوسفات الكرياتين التي تستطيع أن تنقل هذه الطاقة لبناء ثلاثي فوسفات الأدينوسين . ولكن المخزون الاحتياطي من الطاقة في روابط فوسفات الكرياتين محدود وقليل نسبياً ولا يكفي لتمويل العضلة بالطاقة إلى وقت طويل.

٣) الجلايكوجين وهو المخزون الفعلي للطاقة الذي تختزنه العضلة لهذا الغرض. والعضلة تحتوي على

الأنزيمات المختصة لتحطيم الجلايكوجين إلى جلوكوزاً ومن ثم يتأكسد الجلوكوز ليعطي الطاقة بشكل أدينوسين ثلاثي الفوسفات.

فعند تأكسد جزيء الجلوكوز دون أكسجين يتكون جزيئان من ثلاثي فوسفات الأدينوسين . أما بوجود الأكسجين فأكسدة جزيء جلوكوز تعطي ٣٨ جزيئاً من ثلاثي فوسفات الأدينوسين .

وينتج نتيجة أكسدة الجلوكوز دون أكسجين تراكم حمض اللبن في أنسجة العضلة خصوصاً إذا كانت انقباضات العضلة متتالية وسريعة. إذ إن الدم لا يستطيع نقل الأكسجين بسرعة ليفي باحتياجات العضلة كي يكمل أكسدة الجلوكوز .

إن تراكم كمية معينة من حمض اللبن يسبب حالة الإعياء للعضلة وعند ارتياح العضلة ووصول كميات كافية من الأكسجين فإن الجسم يتخلص من حمض اللبن بثلاث طرق هي:

١- تحويله إلى حامض البيروفيك وتحتاج هذه العملية إلى الأكسجين.

٢- تحويله إلى جليكوجين في الكبد.

٣- تحويله إلى ثاني أكسيد الكربون والماء .

ابحث

بالتعاون مع زملائك و مستعيناً بمصادر التعلم كالإنترنت ، اكتب بحثاً عن الإصابات التي تحدث للعضلات.

الأحياء في حياتنا

ممارسة الرياضة :

أن ممارسة الرياضة لاتؤتي ثمارها مالم تتم بانتظام ، فحتى تكون ممارسة الرياضة مفيدة يجب أن تستمر لمدة لاتقل عن ٢٠ دقيقة وبانتظام وتكرر بما لاتقل عن ثلاث مرات أسبوعياً حتى تؤتي نتائج إيجابية مثل:

١) تنتظم دقات القلب عند ممارسة الرياضة ويتسع البطين وتغذى عضلات القلب ، مما يعني تزويد الجسم بالدم بدون زيادة ضربات القلب أو إجهاد القلب .

٢) تصبح العضلات التي تستعمل في الرياضة أقوى وأكبر حيث تنمو الألياف العضلية ويزداد عددها وتزداد الشعيرات وتفرعاتها ولهذا تصبح العضلات أقوى .

٣) زيادة الإنزيمات التي تنتج في الأنسجة العضلية حيث يحتاج الجسم إلى إنزيمات لتفكيك الجلوكوز والجلايكوجين والأحماض الدهنية لذا تزداد قدرة العضلات على الحصول على الأكسجين والغذاء بسرعة أكبر من الدم ويزداد معدل إنتاج الطاقة بالإضافة إلى قدرة العضلات على تخزين الجلايكوجين .

٤) الأربطة تصبح أقوى مما يقلل من فرصة إصابتها خلال الحوادث المفاجئة .

٥) المفاصل تصبح أكثر مرونة ، حيث تعطي مدى أوسع للحركة .

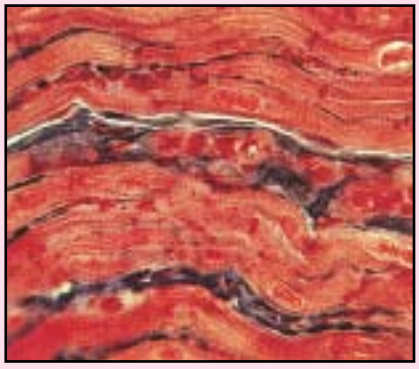
٦) تمنع بإذن الله حدوث الجلطات ، حيث أجريت دراسات على بالغين ووجدوا أن الأشخاص الذين يمارسون الرياضة بانتظام مقارنة مع أشخاص لايمارسون الرياضة أن احتمالات الإصابة بالذبحات الصدرية يقل .

٧) الشعور بالسعادة مع عدم وجود دليل علمي على ذلك ولكن الحالة النفسية لممارس الرياضة تكون أفضل .

معلومات إثرائية

نبضات القلب في الإنسان كحركة موضعية :

تتركب عضلات القلب في الإنسان من ألياف عضلية مخططة عرضياً إلا أنها تختلف عن العضلات الهيكلية السابق ذكرها بأن أليافها أقصر وأصغر، وتتفرع هذه الألياف وتلتحم فيما بينها عن طريق هذه الفروع لتؤلف شبكة متصلة.وكل لييفة عضلية قلبية تحتوي على نواة واحدة. وتتصل الألياف العضلية القلبية بعضها مع بعض بانثناءات لأغشيتها تظهر وكأنها خطوط عرضية مسننة تدعى الأقراص البينية. ومما هو جدير بالذكر أن العضلات القلبية لا تخضع للإرادة لذا فإنها تصنف كعضلات لا إرادية كما هي الحال في العضلات الملساء.



صورة للعضلة القلبية

ولنأخذ مثلاً ترتيب ألياف العضلات القلبية في بطيني القلب. فهناك مجموعتان من الألياف العضلية القلبية تلتف حول كلا البطينين. وتحت هاتين المجموعتين مجموعة ثالثة من الألياف العضلية القلبية تلتف حول كلا البطينين أيضاً وهناك مجموعة رابعة من الألياف العضلية القلبية تحت المجموعة الثالثة التي تلتف حول البطين الأيسر فقط. فانقباض هذه المجموعات اللولبية من الألياف العضلية القلبية يعمل على ضخ الدم خارج البطينين. وعادة تنقبض هذه العضلات لفترة قصيرة لا تتجاوز جزءاً من الثانية، ثم تعود لحالة الراحة. ولكنها ما تلبث أن تعود للانقباض، وهكذا دواليك مادام الإنسان حياً.

التقويم

السؤال الأول : اكتب (بما لا يتجاوز ثلاثة أسطر) عما يأتي :

١ . اختلاف الحركة في الحيوانات عنها في النباتات بشكل عام .

٢ . مصدر الطاقة لانقباض العضلة .

٣. طريقة الحركة في كل من المخلوقات الحية الآتية :

١) الأميبا .

٢) اليوجلينا .

٣) النباتات آكلات الحشرات .

٤) دودة الأرض .

السؤال الثاني : ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة الخاطئة في الجمل الآتية :

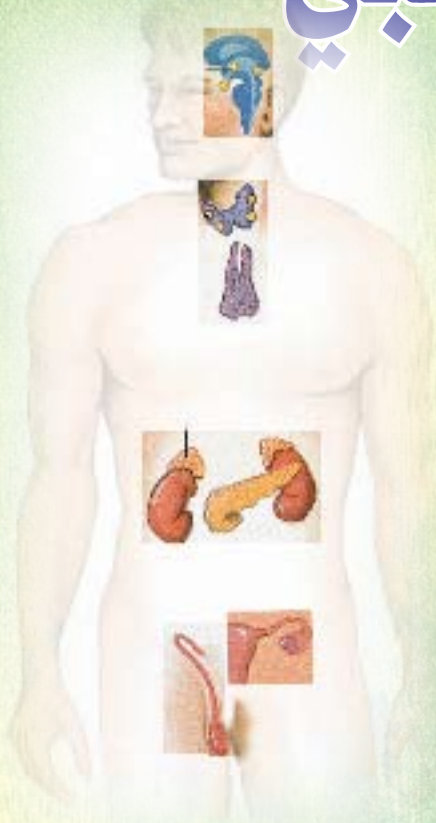
١ .يستطيع البراميسيوم الانتقال من مكان إلى آخر بواسطة الأهداب . ( )

٢ .تحتوي النباتات على أعضاء خاصة بالحركة تمكنها من الانتقال من مكان إلى آخر . ( )

٣. تحتوي طبقة الأكتودرم في الهيدرات على زوائد عضلية طولية. ( )

١٤

التنظيم الهرموني والعصبي



الأهـداف

يتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل أن :

١) تعرف المصطلحات العلمية التالية: الهرمونات، الغدد الصماء.
٢) تعدد أنواع الانتحاء في النباتات .
٣) تفسر سبب انتحاء النباتات نحو الضوء.
٤) تصف طريقة عمل الهرمونات النباتية .
٥) تعدد آثار الأوكسينات النباتية على النباتات .
٦) تعدد الغدد الصماء في جسم الإنسان .
٧) تحدد مواقع الغدد الصماء في جسم الإنسان .
٨) تذكر وظيفة الهرمونات التي تفرزها الغدد الصماء في جسم الإنسان .
٩) تصف طريقة التآزر العصبي في بعض المخلوقات الحية .
١٠) تتأمل قدرة الله سبحانه وتعالى في خلقه من خلال دراستك للتنظيم الهرموني والعصبي .

مقدمة

تتميز المخلوقات الحية عن الجمادات، في أنها تستطيع أن تستجيب لبعض التغيرات والمؤثرات الخارجية، وتعتمد هذه الاستجابة على التنسيق بين أعضاء الجسم المختلفة،وتتم عملية التنسيق عن طريق الجهاز العصبي أو عن طريق الهرمونات.

فما الهرمونات، وأين توجد، وما عملها ؟

إن الهرمونات مواد كيميائية تعمل على تنظيم أعمال الأجهزة الحيوية في الجسم وتنسيقها. والهرمونات بشكل عام تعمل على زيادة بعض خلايا الجسم ونشاطها، أو نقصها أو تغيرها. كما تعمل على ثبات الوسط الداخلي وخصوصاً تركيب محاليل الجسم. والهرمونات تؤثر بكميات قليلة جداً منها، لكنها يجب أن تبقى ثابتة ومتوازنة، إذ أن أي زيادة أو نقصان في الإفراز يحدث اضطراباً فسيولوجياً.

التنظيم الهرموني في النباتات:-

تختلف النباتات عن الحيوانات في أنها لا تحتوي على جهاز عصبي، لذا فالاستجابات السريعة لمنبهات خارجية كتلك التي تحدث في الحيوانات غير موجودة في النباتات. وتستجيب النباتات للمؤثرات البيئية الخارجية عن طريق النمو. ويحدث النمو نتيجة إفراز هرمونات تنظم وتنسق تفاعل النبات مع متغيرات البيئة. وتصنع الهرمونات في منطقة التنبيه بكميات متفاوتة. وتنتقل بعد ذلك لتؤثر على أنسجة حساسة تعتبر مسؤولة مباشرة عن حركة النبات. لذلك نلاحظ في النباتات استجابات مختلفة مثل:

١) الانتحاء الضوئي:

وفيه تتجه أوراق النباتات النامية في الحقول نحو الضوء، وتتوزع هذه الأوراق على النبات بحيث لا يغطي بعضها الآخر،كما تستجيب سيقان النباتات للضوء وتتجه نحو الضوء باستمرار، أما الجذور فلا تتأثر بالضوء.

انتحاء النبات نحو الضوء

نشاط عملي

انقع عدداً من بذور الفول في الماء لمدة يوم ، ثم ازرعها في اصيص يحتوي على تراب مبلل ، ضع هذا الاصيص في صندوق مغلق لاينفذ منه الضوء إلا من نافذة جانبية . بعد عدة أسابيع لاحظ سيقان هذا النبات أنها قد استجابت للضوء ، واتجهت نحو النافذة التي يدخل منها الضوء .

٢) الانتحاء الأرضي :

وفيه يتجه الجذر في نموه إلى أسفل، نحو باطن الأرض متأثراً بالجاذبية الأرضية، أما الساق فيتجه في نموه إلى أعلى بعيداً عن تأثير الجاذبية الأرضية .

نشاط عملي

ازرع عدداً من بذور الفول في قطن رطب بضعة أيام حتى يظهر الجذير والريشة . ثم ضعها في وعاء زجاجي يحتوي على نشارة خشب مبللة ، بحيث يكون الجذير والريشة في وضع أفقي ، اترك البذور عدة أيام ، ثم لاحظ اتجاة نمو الجذور والسيقان .

٣) الانتحاء الرطوبي :

وفيه تتجه الجذور في نموها نحو الرطوبة ، ويمكن ملاحظة ذلك في النباتات التي تعيش قريباً من الأنهار والبرك، حيث تتجه جذور هذه النباتات نحو الماء .

نشاط عملي

خذ وعاءً كبيراً، وضع في منتصفه وعاءً فخارياً صغيراً مملوءاً بالماء، بحيث تسمح مسامه للماء بأن يرشح إلى الخارج. ضع في الوعاء الكبير تراباً رطباً، وازرع فيه عدداً من البذور، بعد عدة أيام ارفع الوعاء الفخاري برفق مع التراب الذي حوله. ثم لاحظ أين تتجه الجذور أثناء نموها .

الانتحاء الرطوبي

الأحياء في حياتنا

الهرمونات النباتية :

إن الهرمونات النباتية تلعب دوراً هاماً ورئيسياً في تنظيم نمو النبات . ولقد أثبتت التجارب العلمية العديدة هذه الحقيقة مما حدا بعلماء النبات محاولة إيجاد مواد كيماوية صناعية تلعب دوراً مشابهاً للهرمونات الطبيعية أو تقلل أو تزيد من نشاطها للتحكم في نمو النبات والاستفادة من ذلك في زيادة وتحسين الإنتاج. وقد تم ذلك بالنسبة لأشجار الفاكهة حيث قام الباحثون باكتشاف بعض المواد الكيماوية التي تعمل كمنظمات للعمليات الحيوية التي تجرى داخل النبات والتأثير عليها، حيث أن بعضها استخدم في تحسين مواصفات الثمار أو زيادة الإنتاج أو خف الأزهار والثمار وغيرها، ولغرض التحكم في موعد النضج والتبكير أو التأخير ، وتحسين مواصفات الثمار لما لذلك من جدوى اقتصادية وزيادة دخل المزارع.

الأوكسينات وتأثيرها على النبات :-

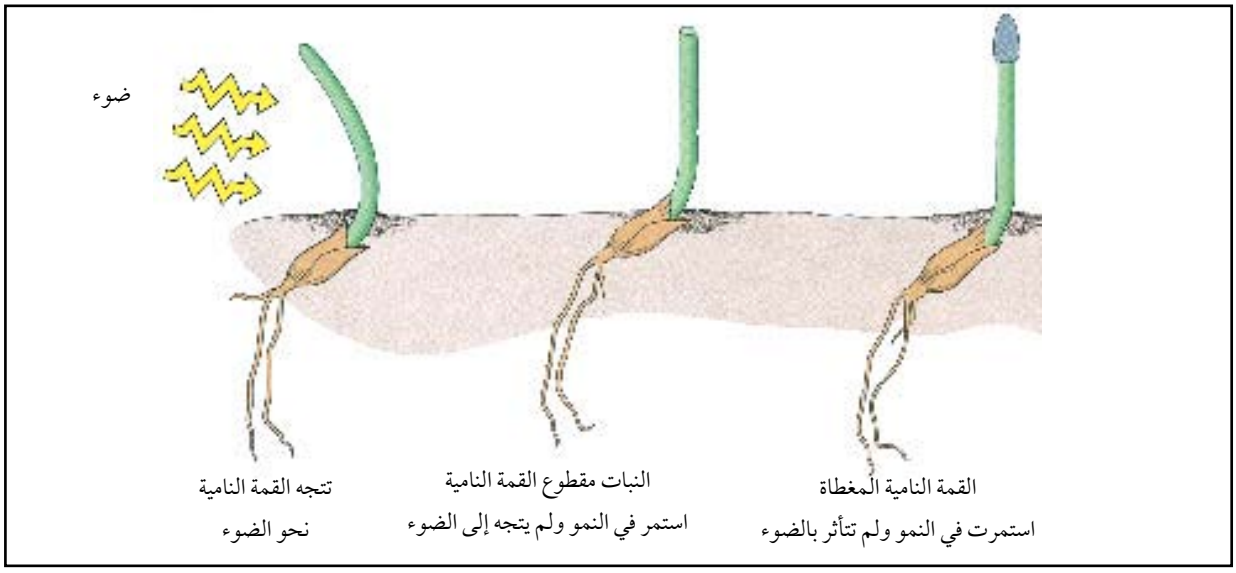
لقد استخلص العالم (فنت) هرمون النمو وأجرى التجارب عليه وأعطى هذا الهرمون اسم الأوكسين (Auxin) وقد وجد فنت أن الأوكسين يصنع في القمم النامية للنبات وينتقل منها ليؤثر على أجزاء النبات الأخرى.

وقد كان داروين أول مكتشف لوجود الهرمونات النباتية. وقد قام داروين بعدة تجارب، استنتج منها: أن هناك عاملاً مؤثراً في القمم النامية يوجّه النبات نحو الضوء، وإذا أزيلت القمم النامية فإن المؤثر يزول.

تجارب العالم داروين :

١- وضع بادرات الشوفان في صندوق مغلق مظلم، لفترة من الزمن، ثم عرضها لمصدر ضوئي، ولاحظ ان النبات عند نموه في الظلام يبقى عمودياً ويستطيل بسرعة محاولاً الوصول إلى الضوء قبل أن يموت ، ولكن لدى ظهور بصيص من الضوء فإنه ينحني إلى مصدره.

اتجاه النبات لمصدر الضوء



ملخص خطوات تجارب داروين

٢) وضع بادرات الشوفان في صندوق مغلق وقام بفتح ثقب صغير في الصندوق ليسمح بدخول بصيص خفيف من الضوء إلى الصندوق المظلم. فوجد أن القمم النامية لبادرات الشوفان أخذت تتجه نحو الثقب الذي يدخل منه الضوء.فاستنتج أن هناك حساسية عند النبات للضوء الخافت الذي يعمل كمؤثر.

٣) قام بتغطية بعض القمم النامية لبادرات الشوفان بغطاء من ورق القصدير وعرّض جميع أجزاء النبات للضوء. فوجد أن النباتات ذات القمم النامية العارية قد اتجهت نحو الضوء ، بينما استمرت القمم النامية المغطاة في النمو إلى أعلى دون أن تتأثر بمصدر الضوء .

٤- قام بقطع بعض القمم النامية لبادرات الشوفان وأبقى على بعضها الآخر، ثم عرض النباتات إلى الضوء. وقد وجد داروين أن النباتات التي قطعت قممها النامية لم تتجه نحو الضوء، بينما اتجهت وانحنت تلك النباتات ذات القمم النامية.

استنتج داروين من سلسلة هذه التجارب التي قام بها أن هناك عاملاً مؤثراً في القمم النامية يوجّه النبات نحو الضوء، وإذا أزيلت القمم النامية فإن المؤثر يزول .

معلومات إثرائية

تجارب العالم جنسن :

قام جنسن بإجراء تجربة أخرى حيث أحدث جرحاً تحت القمم النامية، ووضع في الجرح حاجزاً من المايكا وعندما عرض النبات إلى مصدر للضوء مقابل الجرح اتجه النبات نحو الضوء.ولكن عندما وضع مصدر الضوء من الجهة المعاكسة للجرح لم يتجه النبات نحو الضوء، إذ قامت قطعة المايكا بحجز نزول الهرمون من القمة النامية للجانب البعيد من الضوء. لأحداث النمو ، وتوجيه البادرة نحو الضوء . وبذلك أثبت جنسن أن المادة الكيميائية (الهرمون) تنفر من الضوء، وتتجه إلى الجانب البادرة البعيدة عن الضوء ومؤثرة فيه.

تجارب العالم بال :

وفي عام ١٩١٨ قام العالم بال(paal) بقطع القمة النامية من بادرة الشوفان ووضعها على الطرف المقطوع. ولقد أجرى التجربة في الظلام بدون تعريض النبات لأي مصدر للضوء. فوجد أن النبات ينحني نحو الجانب الذي لا توجد عليه القمة النامية.

ولقد أثبت بال أن الهرمون ينتقل من القمة النامية إلى أسفل في الجانب الذي توجد عليه القمة النامية، مما يسبب نمواً في ذلك الجانب وانحناء النبات للجانب الآخر تبعاً لذلك.

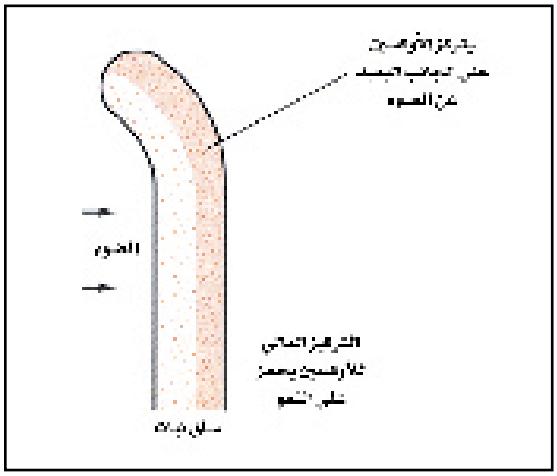
تأثير الأوكسينات على الانتحاء الضوئي:

أن الأوكسينات تُصنع في القمم النامية وتكون موزعه بالتساوي عندما تكون الإضاءة حول النبات متساوية من جميع الجهات. إلا أنه عند تعريض جانب واحد من النبات للضوء، فإنه ينتج توزيع غير متساوٍ لهرمونات النمو، إذ تنتقل هذه الهرمونات بعيداً عن الضوء مما ينتج نمواً غير متساوٍ تحت القمة النامية، أي أن هناك نمواً أكبر في المنطقة البعيدة عن الضوء منه في المنطقة المقابلة للضوء، وهذا يسبب انحناء القمة نحو الضوء.

آلية عمل الأوكسين:

يشجع الأوكسين عملية الانقسام غير المباشر في الخلايا، كما أنه يستحث استطالة الخلايا الواقعة تحت القمة النامية التي بدأت بالتميز.ولقد أوردنا سابقاً أن الأوكسين ينفر من الضوء الضروري لصنعه، فيتجه الأوكسين إلى الجانب المظلم (أي البعيد عن الضوء) وبذلك يصبح تركيز الأوكسين على الجانب البعيد من

الضوء أكثر من تركيزه على الجانب القريب من الضوء.وبذلك تبدأ الانقسامات غير المباشرة والاستطالات في الخلايا على غير ذلك الجانب. أي أن هناك نمواً غير متوازن على جانبي البادرة. ونتيجة لاستطالة جانب دون الآخر، فإن البادرة تتجه نحو الضوء.وهذا ما يدعى الانتحاء الضوئي .



أثر الأكسين على النمو

ولكن لماذا تبقى البادرة متجهة رأسياً عند تعريضها للضوء من جميع الجهات؟

إن سبب ذلك يعود إلى أن توزيع الأوكسين يكون متساوياً على جوانب البادرة تحت القمة النامية، وبذلك تكوين عملية الانقسام والاستطالة متساوية، مما يسبب نمواً متوازناً على جميع الجوانب.

معلومات إثرائية

بعض أنواع الأكسينات :

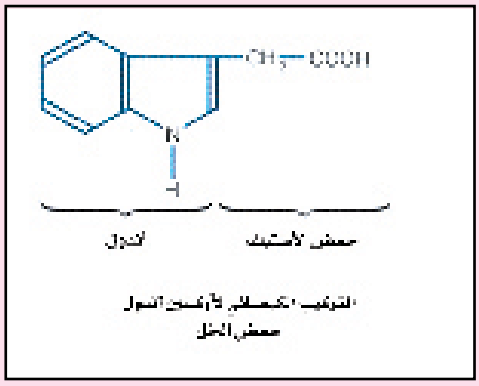
بتقدم العلم تم التعرف على أنواع عديدة من الهرمونات النباتية كل له تأثيره الخاص .

وتقسم هذه الهرمونات إلى مجاميع منها مجموعة الأوكسينات. وأول أوكسين استخلص وتم التعرف عيه كان أوكسين اندول حمض الخل (indol acetic acid) ويرمز له (IAA).

ولقد وجد أن هناك خاصية هرمونية مشتركة لجميع المركبات الشبيهة بهذا المركب وإذا وجدت هذه الخاصية في أي مركب فأنه يصبح هرموناً. وهذه الخاصية هي اجتماع الصفتين التاليتين في مركب ما :

١) احتواء المركب على حلقة أو أكثر من الحلقات الكربونية.

٢) امتداد سلسلة من أحد المركبات الكربونية تحتوي على مجموعة من كاربوكسل.



التطبيقات الزراعية للأوكسينات النباتية :

١) تكوين الثمار:

عندما تبدأ البذرة بالنضوج بعد عملية الإخصاب وتكوين الجنين يفرز الأوكسين من أنسجة المبيض محدثاً انقسامات واستطالات في الخلايا المحيطة بالمبيض ومكوناً أنسجة الثمرة التي تحيط بالبذرة لذا أصبح من الممكن الآن زراعياً تنشيط تكون الثمار في الأزهار غير الملقحة بمعالجتها بالأوكسين، وذلك عن طريق رش الأزهار بالأوكسين ،لإنتاج الثمارفي بعض النباتات بدون الحاجة إلى عمليات التلقيح والإخصاب .

٢) إنتاج ثمار بدون بذور :

يستعمل الأوكسين تجارياً الآن لتوفير ثمار دون بذور للمستهلك ، حيث ترش الأزهار بأوكسينات معينة، وبهذه الطريقة تنتج ثمار دون بذور (دون إخصاب) ، مثل بعض أنواع العنب .

٣) سيادة القمة النامية :

إن أحد الأهداف من تقليم الأشجار هو منع نمو الغصن عمودياً وإلى مسافات شاهقة وتشجيع نمو الأغصان الجانبية مما يزيد من حجم الثمار ويسهل عمليات الزراعة من رش وقطاف إذ أنه من المعروف أن نمو القمة النامية للنبات يمنع نمو البراعم الجانبية التي تلي القمة النامية . ومنع نمو البراعم الجانبية سببه سيادة القمة النامية . لذا فان قطع القمة النامية بمقص كما يجري عادة عند تقليم الأغصان يؤدي إلى زوال المانع الموجودة في القمة النامية وبذلك تزول السيادة وتنمو البراعم الجانبية لتكون أغصاناً وفروعاً جانبية .

٤) الكمون :

أن البذور وبراعم بعض النباتات تدخل في طور كمون . أي أنه عند زراعة هذه البذور فإنها لا تنبت مباشرة. ولكن بعد فترة من الوقت قد تبلغ الأشهر نرى أن هذه البذور قد بدأت بالنمو.وفترة عدم النمو هذه تدعى بالكمون وقد وجد أن سبب كمون البذور والبراعم يعود على وجود الأوكسين أو مركبات أخرى

بتراكيز عالية، مما يمنع نمو البذور.ولكن إذا خزنت هذه البذور لفترة من الوقت فإن هذه المركبات يقل تركيزها. وهذه الظاهرة يمكن مشاهدتها في بذور الطماطم والبطيخ، إذ نجد أن هذه البذور لا تنمو داخل الثمار، مع أن هذه البذور تكون قد نضجت، أي أن أجنّتها قد اكتمل نموها ، كما أن بيئة الإنعاش تكون متوفرة لها من رطوبة وأكسجين. ويمكن القضاء على الكمون بتعريض بعض البذور إلى درجة حرارة منخفضة، كما يحدث عادة في نمو براعم أشجار التفاح التي تنمو بعد تعرضها لشتاء قارص.

لماذا لا تنتج أشجار التفاح أزهاراً أو ثماراً في المنطقة الاستوائية؟

٥) سقوط الأوراق:

يعتبر سقوط الأوراق نوع من التكيف الذي وهبه الله سبحانه وتعالى للنباتات ، وللأوكسين دور هام في سقوط الأوراق في فصل الخريف. فطالما ظل الأوكسين يُصنع في الأوراق الغضة، فإن الأوراق تبقى مثبتة على أغصانها، وعندما يتوقف صنع الأوكسين في هذه الأوراق نتيجة هرمها تتكون طبقة الانفصال، وهي مكونة من خلايا صغيرة رقيقة الجدر سهلة الانفصال، تتسبب في سقوط الورقة.

أهمية سقوط الأوراق لحياة النباتات ؟

٦) تكون الجذور والإنبات :

للأوكسين أهمية في تكوين الجذور والإنبات إذ إن غمس عقل النباتات في كمية ضئيلة من الأوكسين ينشط تكوين الجذور ونموها وهذه العملية تستعمل تجارياً في المشاتل الزراعية حيث تغمس العقل في محلول يحتوي على الأوكسين ثم توضع العقل في رمل رطب أو نشارة خشب رطبة . وبعد عدة أيام يلاحظ تكون الجذور على هذه العقل وتنتقل بعدها لزراعتها في التربة .

٧) الإزهار :

لقد وجد العلماء أن لنوعية الضوء التي يتعرض لها النبات أثراً كبيراً على الإزهار فالنباتات قصيرة النهار مثلاً أي لا تستطيع أن تتحمل تعرضها لنهار طويل لا تزهر إذا عرضت لطيف ضوئي طوله ٦٦٠ نانومتراً.

كما وجد أن الطيف الأخير الذي يتعرض له النبات قصير النهار قبل حلول الظلام هو العامل المؤثر في الإزهار. فإذا كان الطيف الأخير الذي تعرض له النبات طوله ٦٦٠ نانومتراً فإنه يمنع الإزهار أما إذا كان الطيف الأخير الذي تعرض له نبات قصير النهار ٧٣٠ نانومتراً فإن عملية الإزهار في النباتات تنشط .

ولكن الطيف ينشط الإزهار في النباتات طويلة النهار أي التي تحتاج لفترة طويلة من ضوء النهار لكي تزهر.

ولقد وجد أن الفايتوكروم له دور الصبغة الماصة للأطياف بحيث يتغير تركيبها إلى أحد الصبغتين (صبغة ٧٣٠ وصبغة ٦٦٠) حيث الطيف الضوئي الذي تعرضت له . وهذا بدوره يؤدي إلى تكوين أو عدم تكوين الفلوروجين وبناءً عليه تتم عملية الازهار وتنشط .

التنظيم الهرموني في الحيوانات:

تتكون الهرمونات الحيوانية داخل أعضاء متخصصة تدعى بالغدد الصماء وتخرج الإفرازات من هذه الغدد الى الدم مباشرة لتحمل إلى جميع انحاء الجسم .

وقد وجد حديثاً أن الكثير من الهرمونات يحتاج إلى عامل وسيط داخل الخلية الهدف . وهذا العامل هو أدينوسين أحادي الفوسفات الحلقي. فالهرمون ينشط أنزيما خاصاً اسمه أنزيم أدينل الحلقي الموجود في غشاء الخلية وهذا الإنزيم يعمل على تحويل أدينوسين ثلاثي الفوسفات إلى أدينوسين أحادي الفوسفات الحلقي الذي يقوم بدوره بتنفيذ الاستجابة في الخلية الهدف .

إن نشاطات الغدد الصماء مترابطة بعضها مع بعض وهناك علاقة وثيقة بين الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء إذ إن كليهما يآزر النشاطات الحيوية المختلفة في الجسم وينظمها كما أن كل واحد من هذين الجهازين يؤثر على الآخر لذا يطلق على الجهازين مجتمعين اسم جهازي التآزر فالهرمونات تعمل أساساً على التآزر الداخلي في الجسم بين عضو ما وعضو آخر أما الأعصاب فتعمل على تنظيم الاستجابات العصبية للمؤثرات التي تصل للجسم عن طريق أجهزة الاستقبال.

إضـــاءة

تفرز الهرمونات في أجسام الحيوانات من غدد خاصة تُسمى بالغدد الصماء تصب إفرازاتها في الدم مباشرة فيحمل تيار الدم الهرمونات إلى الأعضاء المختلفة، بينما تفرز الهرمونات في النباتات من مختلف خلايا الجسم وخاصة خلايا القمم النامية والبراعم، حيث تنتقل عن طريق الحزم الوعائية لتؤثر في مناطق أخرى غير المناطق التي كونتها وأفرزتها.

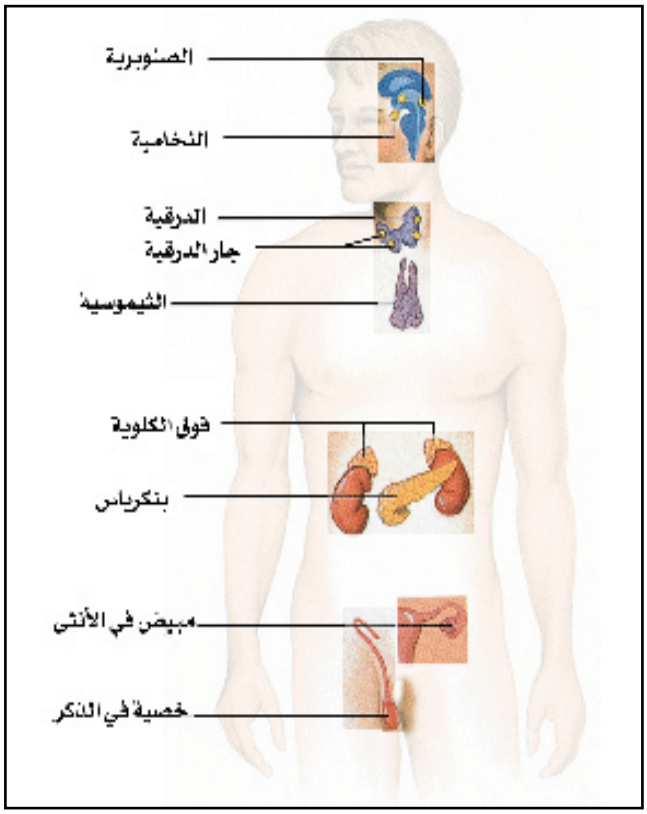
وتختلف الهرمونات عن بعضها البعض في تركيبها الكيميائي وفي مدى قابليتها للذوبان في الماء.

الغدد الصماء في جسم الإنسان :

الغدد الصماء عبارة عن أجسام غدية صغيرة لاقنوية تفرز مواد كيميائية خاصة مباشرة في الدم تعرف بالهرمونات، تقوم هذه الغدد بالمحافظة على التوازن بين وظائف أجزاء جسم الإنسان ، ويوجد في جسم الإنسان الغدد الصماء التالية:

١) الغدة النخامية
٢) الغدة الدرقية
٣) الغدد جارات الدرقية
٤) جزر لانجرهانز في البنكرياس
٥) الغدد فوق الكلوية أو الكظرية
٦) الغدد التناسلية
٧) غدد القناة الهضمية
٨) الغدة الثيموسية
٩) الغدة الصنوبرية

وفيما يلي دراسة لكل من هذه الغدد .



مواقع الغدد الصماء في جسم الإنسان

إضـــاءة

كل الهرمونات التي تفرز في الإنسان هي هرمونات بروتينية تتركب من العديد من الأحماض الأمينية ماعدا الهرمونات المفرزة من الغدد الجنسية وهرمونات قشرة الغدة الكظرية فهي هرمونات دهنية.

١) الغدة النخامية Pituitary gland :

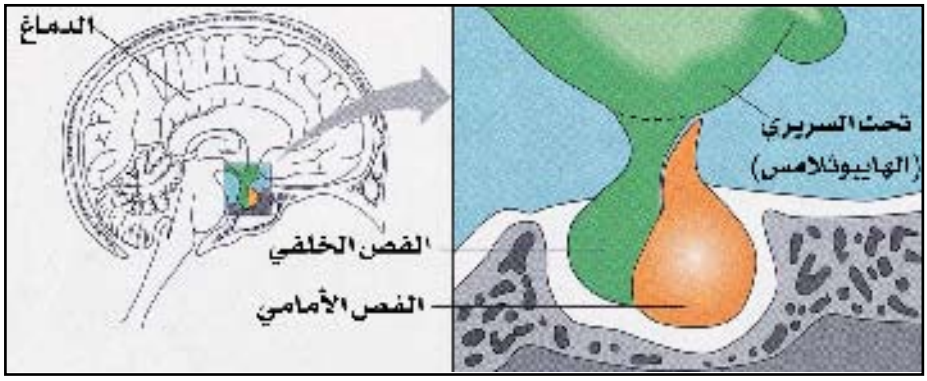
هي غدة صغيرة الحجم ،تتدلى من قاعدة الدماغ بساق رفيعة كحبة الكرز ، لتسكن في تجويف خاص موجود في عظم أرضية الجمجمة، وتعتبر أهم غدة صماء في الجسم لأنها تنظم عمل معظم الغدد الصماء الأخرى، لذلك تلقب بسيدة الغدد الصماء.

وتقسم هذه الغدة إلى ثلاثة فصوص :

١) الفص الأمامي .

٢) الفص الخلفي .

٣) الفص المتوسط، ويقع بين الفصين السابقين.



الفص الأمامي أكبر الفصوص الثلاثة، ويسيطر على معظم الغدد الصماء الأخرى ، فيؤثر على نموها وينظم عملها . وأهم هرمونات هذا الفص هي :

١) هرمون النمو (GH) :

ويدعى أيضاً الهرمون المنشط للجسم ينظم هذا الهرمون معدل نمو الجسم . وأكثر الأنسجة استجابة لفعل هذا الهرمون هي الأنسجة العضلية والعظمية.

ولذا فإن نقصان إفراز هذا الهرمون في سن مبكرة عند الإنسان يسبب القزم . والقزم عادة يكون كامل القوى العقلية ودون تشوه في بنيته . إلا أن طوله لا يتجاوز المتر الواحد ، وغالباً ما يكون غير ناضج جنسياً.

أما الإفراط في إفراز هذا الهرمون في سن مبكرة يؤدي إلى العملقة . ويصحب هذه الحالة خمول في القوى العقلية والتناسلية.

أما زيادة إفراز هذا الهرمون في الإنسان البالغ ، فيؤدي إلى تضخم غير متناسق في الأطراف وعظام الوجه. فبعد ظهور المرض تنمو العظام في العرض أكثر من نموها في الطول ، وتعرف هذه الحالة بمرض شذوذ نمو العظام

٢) الهرمونات المنشطة للغدد التناسلية :

تعمل هذه الهرمونات على نمو الأعضاء التناسلية الذكريه والأنثوية ، وعلى إتمام البلوغ . وقد وجد أن استئصال الغدة النخامية عند الصغار يوقف نمو الغدد التناسلية فتبقى صغيرة ، أما إزالتها عند البالغين ، فتؤدي إلى ضمور هذه الغدد . ومن أهم الهرمونات المنشطة للغدد التناسلية ما يلي :

أ) الهرمون المنشط للحويصلة (FSH):

ويبدأ بنشاطاته عند البلوغ في الأنثى ، ويعمل على تنبيه حويصلة البويضة ونموها ونضجها . أما في الذكر ، فإن هذا الهرمون يعمل على تنبيه الأنابيب المنوية في الخصية لتكوين الحيوانات المنوية.

ب) الهرمون المنشط للجسم الأصفر (LH):

ويعمل على نمو الجسم الأصفر في مبيض الإناث الذي يعتبر غدة صماء . وفي الذكور يكون مسؤولاً عن تكوين وإفراز خلايا الغدد البينية في الخصية(وسوف نتحدث عن الجسم الأصفر عند حديثنا عن الغدد التناسلية في هذا الفصل) .

ج) **الهرمون المفرز للحليب :**

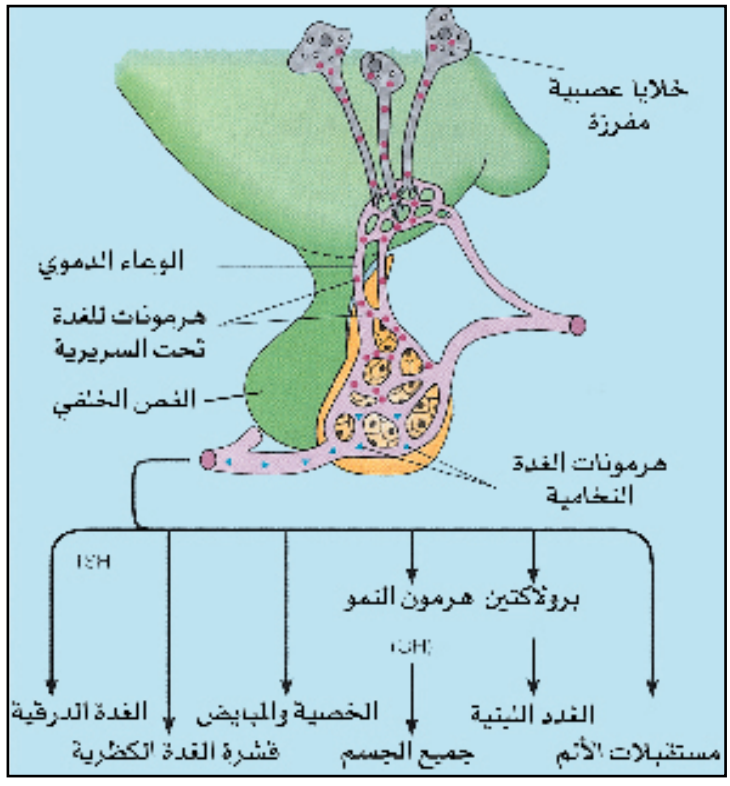
ينشط هذا الهرمون إفراز الحليب بعد الوضع مباشرة في الأنثى . ويعتقد أن لهذا الهرمون علاقة بإظهار غريزة الأمومة عند الأنثى .

٣) **الهرمون المنشط للغدة الدرقية (TSH) :**

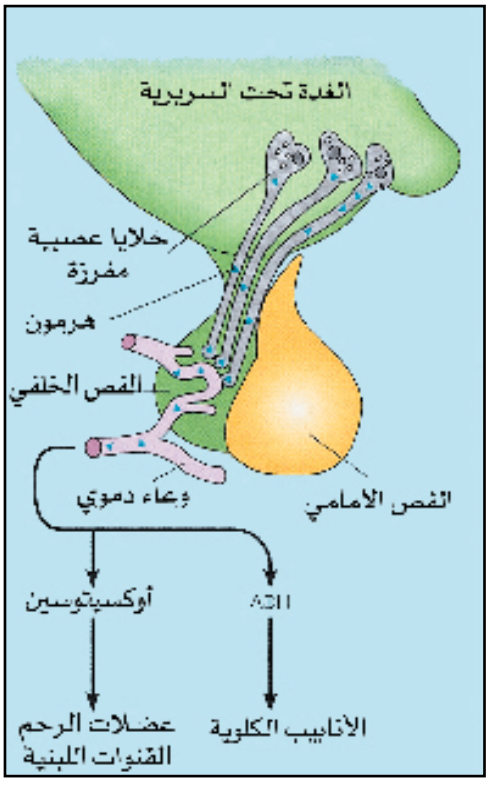
ينظم هذا الهرمون جميع نشاطات الغدة الدرقية ، ومن ضمنها نمو الغدة واستمرار عملها ، وتجميع اليود فيها، وبناء هرمون الثيروكسين في الغدة الدرقية .

٤) **الهرمون المنشط لقشرة الغدة فوق الكلوية (الكظرية) :**

ويعمل على تنظيم نمو قشرة الغدة فوق الكلوية وإفرازاتها .



هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية (للاطلاع)



هرمونات الفص الخلفي للغدة النخامية (للاطلاع)

أما الفص الخلفي للغدة النخامية فيفرز على الأقل هرمونين معروفين هما :

١) **الأوكسيتوسين:**

معروف بتأثيره القوي على انقباض العضلات الملساء، وخصوصاً عضلات الرحم. فلهذا الهرمون أثره الفعال في أثناء الولادة، لطرد ما يحتويه الرحم من الأغشية والأعضاء المرافقة للجنين وغالباً ما يستعمله الأطباء للإسراع في عملية الولادة . ولهذا الهرمون أيضاً أثره في اندفاع الحليب من ثدي الأم المرضعة. فعندما يرضع الطفل من أمه ترسل سيالات عصبية إلى الهايبوثلامس (الغدة تحت السريرية) تسبب إفراز الأوكسيتوسين من الفص الخلفي للغدة النخامية إلى الدم . وعند وصول هذا الهرمون إلى العضلات الملساء في ثدي الأم يسبب انقباضها، وبالتالي اندفاع الحليب عن طريق الحلمة إلى الفم .

٢) **الهرمون المانع لإدرار البول (ADH):**

ويدعى أيضا الهرمون القابض للأوعية الدموية (الفازوبرسين)، وهو يسبب نقص كمية الماء التي تطرح مع البول، إذ يعمل على إعادة امتصاص الماء. ويبدو أن هناك بعض الألياف العصبية الحساسة للضغط الأسموزي التي تنظم إفراز هذا الهرمون من الفص الخلفي للغدة النخامية. إن قلة إفراز هذا الهرمون تسبب مرض السكري المتميز بطرح كميات كبيرة من البول مصحوباً بعطش شديد.

إضـــاءة

عند توقف إفراز الهرمون المانع لإدرار البول لأي سبب من الأسباب كتدمير الخلايا التي تفرزه أو إصابتها بالمرض فإن عملية امتصاص الماء تتأثر كثيراً ويحدث نتيجة لذلك أن كميات كبيرة من الماء لا تمتص. وتخرج في البول، ولذلك يصبح البول وفيراً وباهت اللون ويطلق على هذه الحالة اسم مرض السكري الكاذب إلاَّ أن البول في هذه الحالة لا يحتوي على الجلوكوز.

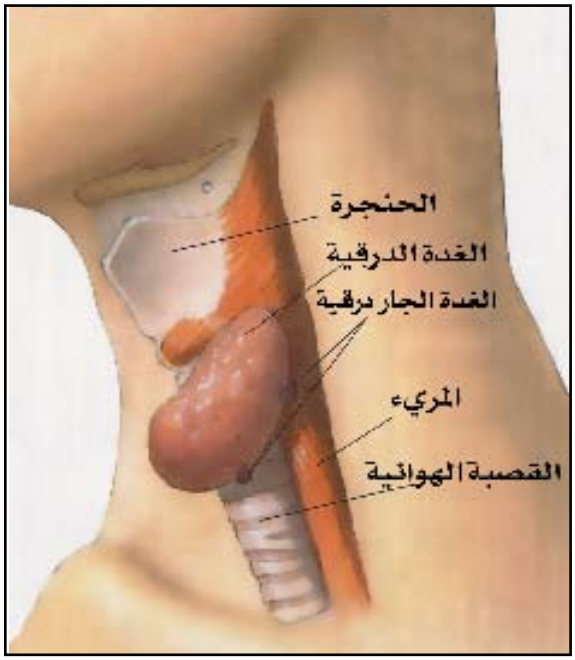
وهذا الهرمون يعمل أيضاً على انقباض العضلات الملساء في الأوعية الدموية، ولذا فإنه يسبب ارتفاع ضغط الدم. ومن هنا جاءت التسمية الثانية : الهرمون القابض للأوعية الدموية . وغالباً ما يستعمل هذا الهرمون لرفع ضغط الدم الذي يهبط عادة في أثناء بعض العمليات الجراحية .

ومما هو جدير بالذكر أن هذين الهرمونين لا يصنعان في الفص الخلفي للغدة النخامية بل في بعض الخلايا في أنسجة من المخ يدعى الهايبوثلامس (تحت السريري)، ومن هناك تنتقل هذه الهرمونات لتخزن في خلايا الفص الخلفي .

الفص المتوسط للغدة النخامية يفرز هرموناً يعرف باسم الهرمون المنبه للخلايا الصبغية السوداء الذي يؤدي إلى انتشار صبغة الميلانين فيها وبالتالي اسمرار بشرة الجلد.

٢) الغدة الدرقية Thyroid gland :

تعتبر الغدة الدرقية من أهم الغدد الموجودة في جسم الإنسان حيث أن أي خلل في وظيفة الغدة الدرقية يُحْدِثُ خللاً في جميع وظائف الجسم، كما أنها أكبر الغدد الصماء حجماً حيث يبلغ وزنها عند الإنسان البالغ ٢٥ جرام، وهذا الوزن يتغير من إنسان لآخر حسب الحجم أو الحالة المرضية (لايمكن ملاحظة الغدة الدرقية الا عندما يتضخم حجمها في الحالات المرضية) وتتكون من فصين يقعان على جانبي القصبة الهوائية في منطقة العنق .



الغدة الدرقية

ولدى الغدة الدرقية القابلية لتجميع اليود الذي تستعمله لبناء هرموناتها التي من أهمها :

أ) **هرمون رباعي يود الثايرونين المعروف بالثيروكسين .**

ب) **هرمون ثلاثي يود الثايرونين .**

وتقوم هرمونات الغدة الدرقية على تنشيط عمليات التمثيل الغذائي في خلايا الجسم كلها . كما أنها تقوم بتنظيم عمليات النمو والتميز لمعظم خلايا الجسم وأنسجته .

إن نقص إفراز هرمونات الغدة الدرقية في سن مبكرة يسبب وقف النمو فيبقى الجسم قصيراً متأخراً جنسياً وعقلياً وتدعى هذه الحالة بالكثم. أما نقص إفراز هذا الهرمون في الإنسان البالغ فيؤدي إلى السمنة المفرطة وهبوط في مستوى التمثيل الغذائي وتأخر تدريجي في القوى العقلية والتناسلية وتسمى هذه الحالة الميكسيديما.

وغالباً ما يكون اضطراب عمل الغدة الدرقية مصحوباً بتضخم للغدة نفسها. وهناك نوعان لهذا التضخم :

١. التضخم البسيط وينتج عن نقص كمية اليود المأخوذة من الغذاء .

٢. التضخم الجحوظي وتدعى هذه الحالة أيضاً مرض جريفز . ويمتاز هذا المرض بتضخم كامل للغدة الدرقية مصحوباً بازدياد مستوى التمثيل الغذائي وخصوصا للبروتينات والدهون ولذلك ينقص وزن الجسم. ويمتاز هذا المرض أيضا بجحوظ مميز لكرة العين .

فكّر

لماذا تقل نسبة الإصابة بتضخم الغدة الدرقية ، لسكان المناطق الساحلية ؟

إضـــاءة

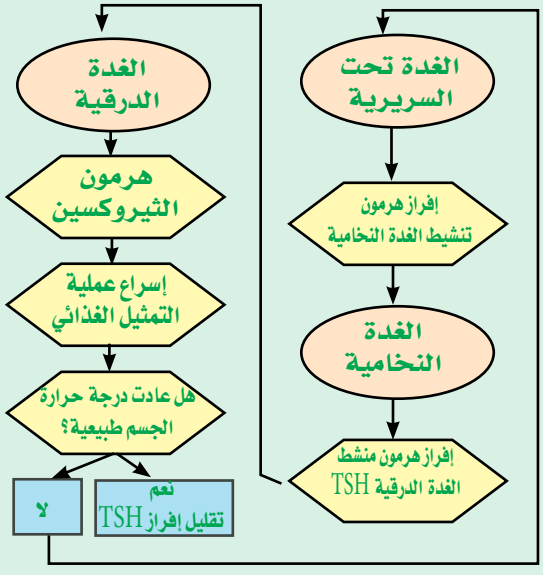
تحدث متلازمة جريفز بسبب الإفراط في إفراز الغدة الدرقية، ومن أعراضها نقص الوزن ورجفة في اليدين وزيادة التعرق والتوتر العصبي والأرق والضعف العضلي وجحوظ العينين.

الأحياء في حياتنا

الغدة الدرقية وتنظيم درجة حرارة الجسم.

تخيل أنك في يوم مطير شديد البرودة في الشارع وتنتظر وصول سيارة أجرة بالتأكيد يشعر جسمك بالبرودة فالجهاز العصبي سيعمل على ضبط حرارة الجسم.

هناك ثلاث هرمونات تفرز في الجسم للمساعدة على إعادة درجة حرارة الجسم إلى وضعها الطبيعي حيث يقوم الهرمون المفرز من التحت سريري في الدماغ الذي ينبه الغدة الدرقية لإفراز هرمونين أحدهما هرمون الثيروكسين الذي يعمل على إسراع عملية التمثيل الغذائي في الجسم، لتزويد الجسم بالطاقة اللازمة وعندما تعود درجة حرارة الجسم إلى وضعها الطبيعي ترسل أجهزة الإحساس إشارات إلى الغدة التحت سريري والتي تعمل على إيقاف إفراز الهرمونات عن طريق تقليل أفراز هرمون محفز الغدة الدرقية حتى يتم وقف إفراز الثيروكسين.



إضـــاءة

تقع الغدة الدرقية على جانبي القصبة الهوائية قريبة من الحبال الصوتية ، حيث يوجد على جانبي الغدة عَصَبان يتحكمان في حركة الأحبال الصوتية وبالتالي تظهر أهمية الناحية التشريحية للغدة في الحالات الجراحية لأن ذلك يمكن أن يؤدي إلى تغير صوت المريض وقد يفقد صوته تماماً عند حدوث أي خطأ جراحي بجانب أن مـرور الدم فيها من أعلى النسب في الجسم لذلك فهي تحتاج إلى خبرة جراحية كبيرة.

٣) الغدد جارات الدرقية Parathyroid glands:

هي أربع غدد صغيرة تقع على السطح الظهري للغدة الدرقية.

وتفرز هرموناً يدعى الهرمون جار الدرقية أو الباراثورمون الذي ينظم عمليات التمثيل الغذائي للكالسيوم والفوسفور.

ونقصان هذا الهرمون يسبب نقصاً في تركيز الكالسيوم في الدم وبذلك يصبح المصاب متوتر الأعصاب وسريع الاندفاعات العاطفية. وعند فقدان هذا الهرمون تحصل حالة التكزز **Tetany** التي غالباً ما تسبب الوفاة، أما زيادة إفراز هذا الهرمون فتزيد من معدل تركيز الكالسيوم في الدم وتقلل من تركيز الفسفور في الدم وبالتالي يخرج الزائد من الكالسيوم في البول. فالكالسيوم في هذه الحالة يأتي من العظام فتلين نتيجة لذلك وتصبح هشة سريعة الكسر. وآلية عمل هذا الهرمون تكمن في تأثيره على تنشيط طرح الكالسيوم من الكلية وتثبيطه لامتصاص الكالسيوم من الأمعاء وازدياد تحلل مركبات الكالسيوم المكونة للعظام.

٤) جزر لانجرهانز في البنكرياس Islands of Langerhans

يحتوي البنكرياس بالإضافة لمكونات الغدة القنويه تجمعات من الخلايا المتخصصة التي تعمل كغدة صماء وتدعى هذه التجمعات من الخلايا جزر لانجرهانز.

ومن بين الخلايا المكونة لجزر لانجرهانز نوعان من الخلايا: نوع يدعى ألفا والآخر يدعى بيتا. فخلايا ألفا

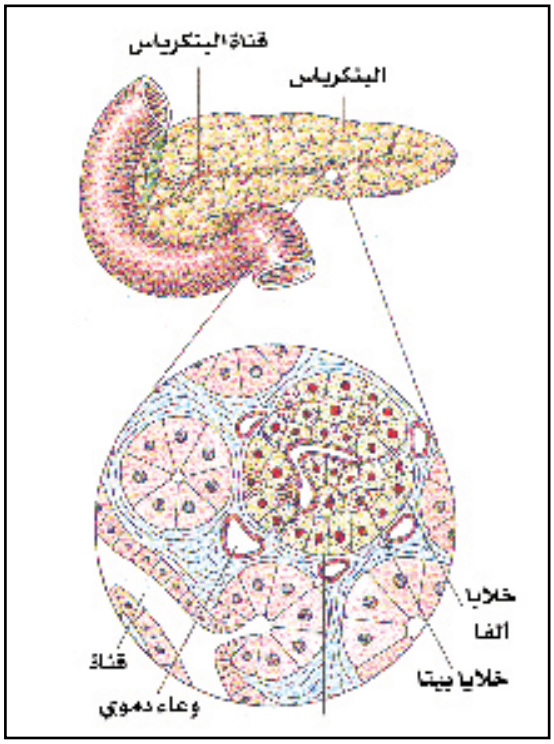
تفرز هرمون الجلوكاجون وخلايا بيتا تفرز هرمون الأنسولين. وكلا هذين الهرمونين يعملان على تنظيم التمثيل الغذائي للكربوهيدرات.

يعمل هرمون الأنسولين على ثبات تركيز الجلوكوز بالدم، بتأثيره على ما يلي:

١) السيطرة على الأنزيمات التي تنظم تخزين الجلوكوز في العضلات والكبد على صوره جلايكوجين.

٢) تنظيم عمليات احتراق الجلوكوز في الأنسجة.

٣) تنظيم تحول المواد الكربوهيدراتية إلى دهون.



رسم تخطيطي يوضح خلايا الفا وبيتا في البنكرياس

ونقصان هرمون الأنسولين يسبب مرض السكري وأعراضه: زياده كميه السكر في الدم وظهور السكر في البول وزياده كميه البول والشعور بالعطش والجوع والبرد .

أما هرمون الجلوكاجون فيعمل تقريباً عكس عمل الأنسولين فهو يؤدي إلى زيادة تحويل الجلايكوجين المختزن بالكبد الى جلوكوز.

الأحياء في حياتنا

مرض السكري:

هو مرض شائع ينتج عن نقص أو ضعف فاعلية هرمون الأنسولين الذي تفرزه خلايا بيتا بالبنكرياس وينتج عن هذا اختلال في التمثيل الغذائي للمواد النشوية والسكرية. عند اختلال نسبة الأنسولين يحدث التالي: تراكم الجلوكوز في الدم بكميات كبيرة حتى تعجز الكليتين عن امتصاصه ومن ثم يرشح في البول جاذباً معه كميات كبيرة من الماء والأملاح. وتقوم الخلايا التي تحتاج للطاقة باللجوء لمصادر أخرى فتبدأ بحرق الدهون يليها البروتينات.

أعراض مرض السكري: التبول الكثير وبكميات كبيرة ،العطش الشديداًالجوع الشديد، الضعف العام (فقدان الوزن)، الهزال.

أنواع مرض السكر: مرض السكر نوعان: أولي وثانوي.

و السكر الأولي له نوعان هي:

١) سكر الصغار: وهو يعتمد في علاجه على الأنسولين ويصيب مرضى لهم استعداد موروث للإصابة به. غالبية هذا لنوع من الذكور أقل من ٣٠ سنة من العمر.

٢) سكر الكبار: وهو لا يعتمد في علاجه على الأنسولين ويرتبط بعوامل بيئية مثل زيادة الوزن ، نوع الأكل، الخمول، الحمل المتكرر عند النساء ، وعوامل وراثية مثل وجود مرض السكر في أجيال متعاقبة من نفس الأسرة. وفي هذا النوع يوجد مقاومة لعمل الأنسولين رغم وفرته عند المريض وأهم سبب لهذه المقاومة هو تراكم الشحوم في المريض البدين.

ويمكن تشخيص حالات مريض السكر بالحالات التالية :

١.وجود سكر في البول هو مؤشر لمرض السكر ولكن ليس دليل قاطع على وجوده .

٢.أي عينة دم للسكر يكون منسوب السكر فيها أكثر من ٢٥٠ ملجم / ١٠٠ ملل (١٤ ملمول / لتر) مع وجود الأعراض.

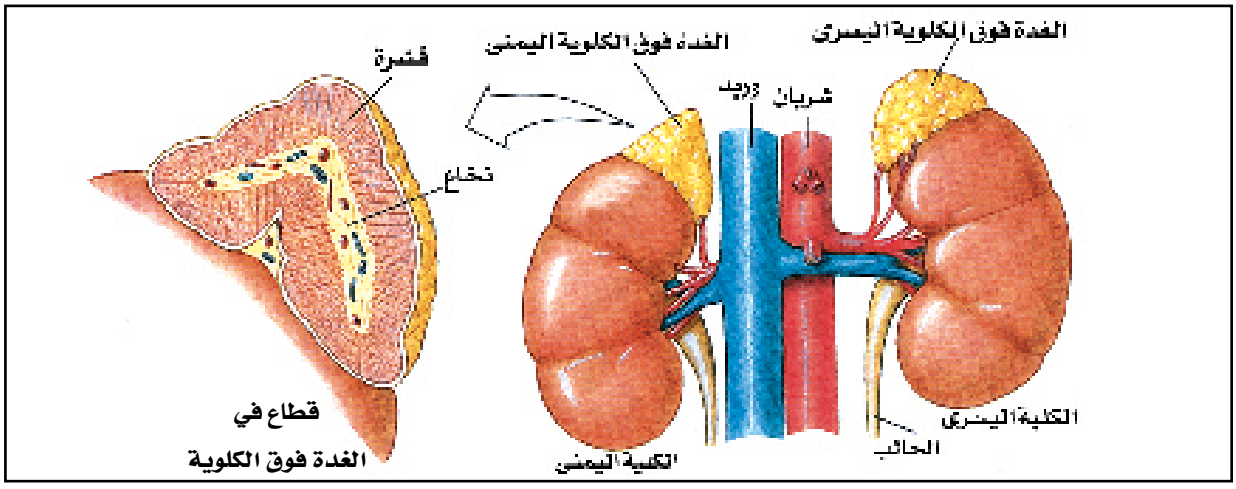
٣. إذا كانت نسبة السكر بالدم صائماً بين ١١٥- ١٤٠ ملجم / ١٠٠ ملل في يومين مختلفين .

٤. في حالة عدم التأكد من التشخيص يمكن فحص الدم بعد شرب جرعة ٧٥ جرام من الجلوكوز بساعتين وهذا يسمى اختبار تحمل السكر.

يمكن تجنب النوع الثاني (سكر الكبار) وذلك بتجنب السمنة والخمول وعمل فحص دوري لاكتشاف السكر مبكرا في حالة حدوثه . ٦٠ ٪ من مرضى السكر يمكن التحكم في منسوب السكر في دمهم عن طريق الحمية والنشاط وتنظيم الغذاء له أهمية كبرى في علاج مرض السكر سواءً كان المريض يتعاطى علاجاً أم لا . ٢٠ ٪ من المرضى يحتاجون للأنسولين و ٢٠ ٪ للحبوب . من أهم أوجه علاج مرضى السكر هو تعليم المرضى أنفسهم كيفية العناية بأنفسهم وتنظيم غذائهم وتعاطي علاجهم بالطريقة الصحيحة بل وفحص مستوى السكر في الدم في منازلهم عن طريق أجهزة خاصة وأيضاً على المريض المتابعة الدورية عند الأخصائي حتى يتسنى للمرضى العلاج دون أي أخطار .

٥. الغدد فوق الكلوية أو الكظرية Adrenal glands

توجد في جسم الإنسان غدتان فوق كلويتان أو كظريتان كل منهما موضوعه فوق كلية. وتتكون كل غدة من جزء خارجي يدعى القشرة، وداخلي يدعى النخاع أو اللب.



يفرز الجزء النخاعي هرمونين قريبين من بعضهما بالتركيب الكيميائي، وبالتأثير الوظيفي، ويدعيان: هرمون الأدرينالين، وهرمون النورأدرينالين. ويعملان إجمالاً لتهيئة الجسم للتغيرات المرافقة لحالات الطوارئ، عندما يتعرض الإنسان أو الحيوان لخوف أو مقاتلة أو طيران أو غضب، ويتلخص عمل هذين الهرمونين بما يلي:

١) قبض الأوعية الدموية والشعيرات الدموية في الأحشاء، وبذلك يرتفع الضغط الدموي ويتحول الدم إلى الأمكنة التي تحتاجه في حالة الطواري مثل العضلات.
٢) توسيع الأوعية الدموية في العضلات والجلد لتوصيل الدم الكافي إليها.
٣) العمل على منع الحركة الدودية للعضلات الملساء في الأمعاء.
٤) زيادة نبض القلب لضخ كميات أكبر من الدم إلى العضلات.
٥) زيادة التنفس لتزويد الدم بكمية كافية من الأكسجين، وبالتالي لتزويد العضلات بهذا الأكسجين.
٦) تحويل جلايكوجين الكبد إلى جلوكوز، فتزيد كميه السكر في الدم،فيستغلها الجسم للحصول على المزيد من الطاقة اللازمة لمواجهة الظروف الطارئة.

ابحث

فسر سبب إصفرار لون الوجه وتصبب العرق الغزير عند التعرض لموقف غير طبيعي من خوف أو مفاجأة .

أما قشرة الغدة الكظرية فتفرز العديد من الهرمونات أهمها:

١) الهرمونات المعدنية، مثل هرمون الالدوستيرون وهرمون الديوكسي كورتيكوستيرون، وتعمل هذه الهرمونات على تنظيم عملية التمثيل الغذائي للماء والأملاح كما تنظم كمياتها التي تطرح مع البول.

٢) الهرمونات السكرية، مثل هرمون الكورتيكوستيرون وهرمون الكورتيزول، وهرمون الكورتيزون، وتقوم هذه الهرمونات بتنظيم عمليات التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية ،كما تستعمل في حالات الالتهابات لإزالة الشعور بالألم.

الأحياء في حياتنا

الهرمونات السكرية:

تفرز من قشرة الغدة فوق الكلوية ولها تطبيقات طبية هامة ، ولكن يجب استعمالها بعناية فائقة وتحت إشراف طبي، لأنها إذا أعطيت بإفراط فقد تقلل من مقاومة الجسم لحالات العدوى للأمراض، فعلى سبيل المثال يفيد هرمون الكورتيزون كثيراً في مجال التخفيف من حدة الالتهابات والألم ، ولكن إذا استعمل لفترة طويلة تظهر نتائج سلبية للمريض مثل تجمع الشحم في الجسم ، إضعاف العظام ، ارتفاع ضغط الدم، البطء في التئام الجروح ،لذلك لابد من استعمال الكورتيزون بدقة متناهية وتحت إشراف طبي .

معلومات إثرائية

مرض أديسون

يحدث نتيجة لتلف قشرة الغدة الكظرية مما يسبب نقص في هرمون الكورتيزول (القصور الكظري الأولي)، ومن أعراضه، الضعف العام ونقص الوزن واضطراب الجهاز الهضمي وآلام المفاصل وانخفاض ضغط الدم، وقد تحدث أحياناً صدمة في الشخص المصاب بسبب القصور الحاد للغدة الكظرية ناتج من نقص في هرمون الالدوسترون مع هرمون الكورتيزول، تسبب نقص الشهية وتشوش في التفكير وضعف عام وارتفاع البوتاسيوم في الدم، ويمكن السيطرة على نوبة القصور الحاد في الغدة الكظرية عن طريق حقن محاليل الملح والجلوكوز وحقن الكورتيزول في الوريد مع العلم أن التأخير في العلاج لهذه الحالة يسبب الوفاة.

ويمكن التأكد من الإصابة بمرض أديسون عن طريق قياس معدل هرمون الكورتيزول في الدم، حيث تقل القيمة في هذه الحالة عن ٥ ميكروجرام في المليمتر الواحد من الدم.

٦) الغدد التناسلية Gonads glands:

تتكون الهرمونات التناسلية في الخلايا البينية في كل من الخصية والمبيض، وذلك بتأثير الهرمونات المنبهة للغدد التناسلية التي يفرزها الفص الأمامي للغدة النخامية.

فالخلايا البينية في الخصية تفرز الهرمونات الذكرية التي تدعى بمجموعه الأندروجينات، ومن أمثلتها التستوستيرون، المسؤول عن الغريزة الجنسية، والذي يعمل على نمو الأعضاء التناسلية، وإظهار الصفات الجنسية الثانوية في الذكر مثل: كبر الأعضاء التناسلية، ونمو الشعر على أجزاء من الوجه وخشونة الصوت، وقوة العظام و العضلات.

أما الخلايا البينية الموجودة في المبيض فتفرز مجموعة من الهرمونات تعرف بمجموعة الأستروجينات. من هذه الاستروجينات هرمون الأستراديول وهرمون الأستريول. وهذه الهرمونات تعمل على زيادة سمك العشاء المبطن للرحم، كما أنها تعمل على ظهور الصفات الجنسية الأنثوية وتكاملها كنمو الثديين وترسب الدهن تحت الجلد ونعومة نبرة الصوت.

بالاضافة إلى هذا الهرمون، يقوم الجسم الأصفر الذي يتكون بعد انفجار حويصلة البويضة و يعمل عمل غدة صماء بإفراز الهرمونات التالية:

أ) **هرمون البروجسترون** الذي يعمل على تحضير جو مناسب لاستقبال البويضة الملقحة (الزيجوت) في جدار الرحم. وهذا الهرمون ضروري لاستمرار الحمل.

إضـــاءة

يعمل البروجسترون أيضاً على منع نضج حويصلات المبيض أثناء الحمل وبالتالي منع تكوين بويضات ناضجة، ووقف الدورة الشهرية خلال فترة الحمل. ولهذا يُعدَّ البروجسترون من الهرمونات المستخدمة في منع الحمل. ولذلك فإنه يستخدم بكثرة في حبوب منع الحمل.

ب) **هرمون الريلاكسين** الذي يعمل على انفراج رابطة الحوض فيهيء المكان المناسب لنمو الجنين، كما يعمل هذا الهرمون على نمو الغدد الثديية، ويمنع انقباضات عضلات الرحم.

إضـــاءة

يتم فحص هرمون التستوستيرون عادة بطلب من الطبيب وذلك للكشف عن أي مشكلة في الخصية أو الغدة النخامية تسبب العقم عند الرجل، لأن الكميات المنخفضة من التستوستيرون تسبب نقصاً في عدد الحيوانات المنوية. كما يساعد الفحص في الكشف عن أي زيادة في مستويات هرمون التستوستيرون عند الأولاد أقل من ١٠ سنوات، لأن زيادة إنتاج هرمون التستوستيرون يسبب البلوغ المبكر.

٧) القناة الهاضمة Gastro intestina

مع أن المعدة والأثنى عشر ليست غدداً صماء، إلا أنها تحتوي على بعض الخلايا التي تفرز هرمونات تنظم عملية الهضم. وتأثير الهرمونات الهضمية و تآزرها و تفاعلها و توقيت عملها في تنظيم عملية الهضم يمكن أن يكون نموذجاً بسيطاً لتنظيم الكثير من العمليات الحيوية في الجسم بواسطه الهرمونات، ومن هذه الهرمونات ما يلي:

١) **هرمون الجاسترين:** ويفرز من جدار المعدة عند امتلائها بالطعام، يسري مع الدم حتى يصل إلى الغدة المعدية فيحثها على إفراز أنزيماتها.

٢) **هرمون السكريتين:** ويفرز من الاثنى عشر عند وصول المواد الغذائية إليه من المعدة ويقوم هذا الهرمون بحث كلاً من: الكبد على إفراز مادة الصفراء وخلايا البنكرياس لتعمل على صنع العصارة البنكرياسية وإفرازها كما يحث جُدر الأمعاء على إفراز عصارتها.

٣) **هرمون البنكريوزايمين:** ويفرز من خلايا الإثنى عشر، ويقوم بتنشيط إفراز العصارة البنكرياسية الغنية بالأنزيمات الهاضمة.

٤) **هرمون الانتيرجاسترون:** ويفرز من الإثنى عشر عند دخول المواد الدهنية إليه، ويقوم هذا الهرمون بمنع حركات المعدة ويوقف إفراز حمض الكلور.

٥) **هرمون الكولسيتوكينين:** ويفرز من الأمعاء عند دخول الأغذية الغنية بالدهون اليها، ويعمل على انقباض الحوصلة الصفراوية ودفع ما بها إلى تجويف الإثنى عشر.

٦) **هرمون الأنتيروكرينين: وهرمون الديوكرينين:** ويفرزان من الأمعاء، وهما ينشطان غدد الأمعاء الدقيقة لإفراز أنزيماتها.

٨) الغدة الثيموسية Thymau gland

تقع خلف عظمة القصأ وتمتد على الجزء الأسفل للقصبة الهوائية، والجزء الأعلى من القلب. وغالباً ماتسمى هذه الغدة غدة الطفولة، لأنها تنمو في الجسم منذ الولادة حتى سن المراهقة، وينقص حجمها بعد ذلك بسرعه عندما تبدأ الغدد التناسلية بالإفراز. وقد تم حتى الآن معرفة ثمانية هرمونات للغدة التيموسية أهمها هرمون الثيموسين الذي يعمل على تنظيم بناء المناعة في الجسم.

٩) الغدة الصنوبرية Pineal gland

عبارة عن جسم صغير تقع على سقف الدماغ المتوسط. وتفرز هرمون الميلاتونين الذي يعمل على التخفيف من إسمرار البشرة.

معلومات إثرائية

هرمون الميلاتونين:

إن إفراز هرمون الميلاتونين يتوقف على وجود الضوء في البيئة حيث يزيد إفرازه عندما يقل الضوء، بينما يقل إفرازه عند زيادة كمية الضوء.

يقوم هرمون الميلاتونين بدور المنبه الخاص بجسم الإنسان فهو ينظم الدورة الخاصة بنومه واستيقاظه ولا يعرف حتى الآن ميكانيكية عمل هذا الهرمون. حيث يفرز ليلاً لكي يساعد الإنسان على النوم ويتوقف الجسم عن إنتاجه نهاراً مع ضوء الشمس حتى يمكنه الاستيقاظ وممارسة أعماله ونشاطاته. يتوفر هرمون الميلاتونين في صورة غذائية وفي صورة دوائية لمعالجة حالات الأرق للتغيرات التي تحدث في ساعات العمل وعند السفر.

الأحياء في حياتنا

العلاج بالهرمونات:

أمكن في الوقت الحاضر تصنيع الهرمونات، لمعالجة حالات نقص هذه الهرمونات في الدم، وذلك عن طريق اعطائها للمريض على شكل عقاقير تؤخذ بالفم أو على شكل حقن. ولقد أدت عملية تصنيع

الهرمونات دوراً مهماً في معالجة عدد كبير من الأمراض، مثل مرض السكري الذي يعالج بإعطاء كمية من الأنسولين الحيواني، كما تجري معالجة نقص هرمون الثيروكسين المفرز من الغدة الدرقية بإعطاء المريض ثيروكسين حيواني أو مصنّع ،كما تستعمل الهرمونات التناسلية عند نقصها في جسم الإنسان، كما يعطى هرمون النمو في حالات تأخر النمو ولكن بحذر شديد ، بالإضافة إلى كثير من الأمراض والحالات التي تستعمل فيها الهرمونات المصنعة أو الطبيعية المنشأ.

ابحث

بالتعاون مع زملائك ومستعيناً بمصادر التعلم كالإنترنت، اكتب بحثاً عن الأمراض الناتجة عن قصور في عمل الغدد المختلفة في جسم لإنسان.

التنظيم العصبي:

كلما أصبح وضع الحيوان الداخلي أكثر استقلالاً عن أوضاع بيئته، أصبح من الضروري وجود أجهزة متخصصة تقوم بتنظيم ثبات الوضع الداخلي في غمرة العوامل البيئية المتغيرة. فالأميبا مثلا تتأثر بكل عامل يتغير في محيطها الذي تعيش فيه. أما الحيوان فبإمكانه أن يواجه الكثير من عوامل بيئته المتغيرة، محافظاً على ثبات وضعه الداخلي. ومنظمات ثبات الوضع الداخلي للحيوان هي الانفعالات العكسية من الجهاز العصبي، وتأثير هرمونات الغدد الصماء. والتنظيم عن طريق الأعصاب يكون عادة أدق وأسرع من التنظيم عن طريق الهرمونات.

وسندرس فيما يلي بعض الأمثلة للتآزر العصبي في بعض المخلوقات الحية:

١) التآزر العصبي في الأميبا:

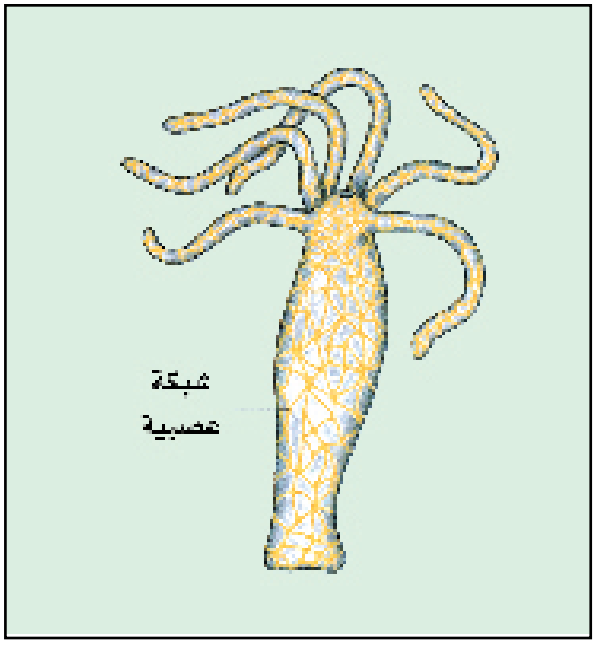
الأميبا ليس لها أية عضية متخصصة لاستقبال المؤثرات أو الاستجابة لها. إلا أنها تستجيب للكثير من المؤثرات الخارجية كالحرارة والضوء، فالأميبا تتأثر بحالة الوسط الذي تعيش فيه، فتنجذب للضوء، وتبتعد عن الحرارة الشديدة.

٢) التآزر العصبي في البراميسيوم:

إذا درسنا حركة البراميسيوم فنجد هناك ضرورة لوجود عضيات متخصصة لتنظيم حركة أهدابها. فالبراميسيوم يتحرك بواسطة حركة الأهداب وكأن هذه الأهداب تعمل كمجاديف فإذا أمعنا النظر في حركة هدب ما، نلاحظ أن حركته التجديفية تسبق أو تتأخر عن حركة الهدب المجاور بعض الشيء. ومن حسنات هذا التنظيم في الحركة أن بعض الأهداب تكون مشغولة في التجديف، بينما يعمل بعضها الآخر على تهيئة نفسه لأخذ موضع البدء بالتجديف، وبذا تسبب الحركات التجديفية للأهداب مجتمعة اندفاع البراميسيوم بسهوله ويسر. ونلاحظ أيضاً أن البراميسيوم إذا لاقى عائقاً في طريقه فإنه يغير اتجاه حركته التجديفية ويسير للخلف. وهذا يدلنا على أن حركة الأهداب مجتمعة تعمل بشكل متآزر ومنتظم. وبالدراسة المجهرية الدقيقة نجد أن الأهداب تتصل بحبيبات قاعدية مغمورة في سيتوبلازم البراميسيوم. وتتصل هذه الحبيبات القاعدية ببعضها بخيوط عصبية. وقطع هذه الخيوط العصبية يسبب شلل الأهداب المتصلة بها.

٣) التآزر العصبي في الهيدرا:

للجوفمعويات كالهيدرا جهاز عصبي بسيط يعرف بالشبكة العصبية. وتتركب هذه الشبكة من خلايا عصبية أولية تتصل ببعضها البعض لتكون الشبكة العصبية. تسير السيالات العصبية في جميع الاتجاهات بالخلية العصبية الأولية. وتتصل خلايا الشبكة العصبية بالخلايا الحسية من جهة، وخلايا الاستجابة من جهة أخرى. ولذا ينتقل المؤثر مباشرة إلى أن يسبب الاستجابة ممثلا أبسط قوس عصبي. ومما هو جدير بالذكر أن الشبكة العصبية تنتشر على جانبي الميزوجليا فتكون على اتصال مباشر مع الأكتودرم ومع الأندودرم.



الشبكة العصبية في الهيدرا

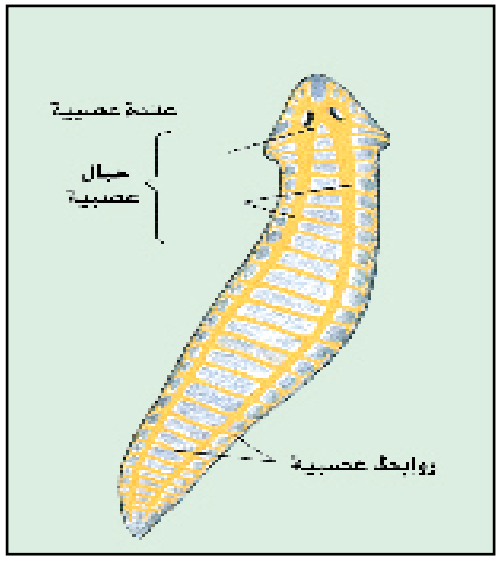
نشاط عملي

ادرس شريحة جاهزة لمقطع عرضي في الهيدرا باستخدام المجهر المركب ، ولاحظ الخلايا العصبية الأولية.

٤) التآزر العصبي في الديدان المفلطحة :

لجميع الحيوانات التي تلي الجوفمعويات في التعقيد جهاز عصبي مركزي مكون من خلايا عصبية تتصل ببعضها عن طريق ما يعرف بالتشابك العصبي. كما أن السيالات العصبية تنتقل في الخلايا العصبية في اتجاه واحد من جسم الخلية إلى المحور، فإلى الزوائد الطرفية، ثم الزوائد الشجرية التي تليها، ثم إلى جسم الخلية الثانية وهكذا.

إن الجهاز العصبي البسيط الموجود في البلاناريا يحتوي على الأجزاء الأساسية الموجودة في الأجهزة العصبية المعقدة، ففي منطقة الرأس توجد مجموعتان من الخلايا العصبية التي تدعى العقد وعلى كل جانب من البلاناريا يمتد حبل عصبي على طول الحيوان من الجهة البطنية، ويتصل هذان الحبلان العصبيان بواسطة روابط موصلة كما توجد خلايا حسية منتشرة في بشرة الجلد تستقبل المؤثرات الخارجية. ويعمل هذا الجهاز العصبي على زيادة التآزر وسرعة الاستجابة للمؤثرات العصبية أكثر من الشبكة العصبية في الجوفمعويات.



الجهاز العصبي في البلاناريا

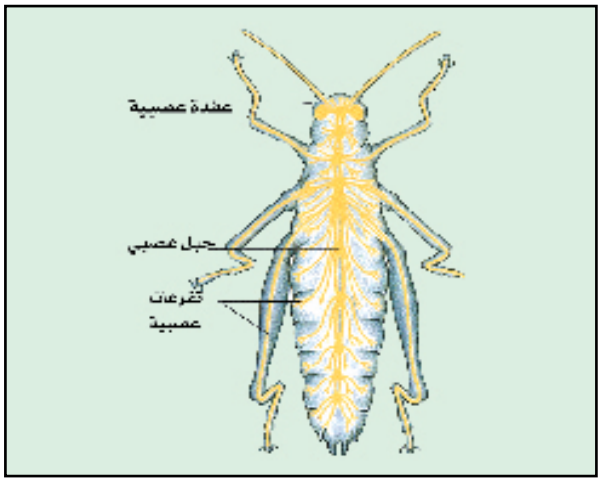
نشاط عملي

ادرس شريحة جاهزة للبلاناريا باستخدام المجهر المركب ، ولاحظ موقع العقد العصبية في مقدمة الجسم والحبلين العصبيين الممتدين على جانبي الجسم ثم ارسمه .

٥) التآزر العصبي في الحشرات:

النمط الأساسي للجهاز العصبي في الحشرات مثل نحلة العسل يشبه ذلك الموجود في البلاناريا، وللحشرة زوج من الحبال العصبية قريبان من بعضهما، ويقعان تحت الجهاز الهضمي.

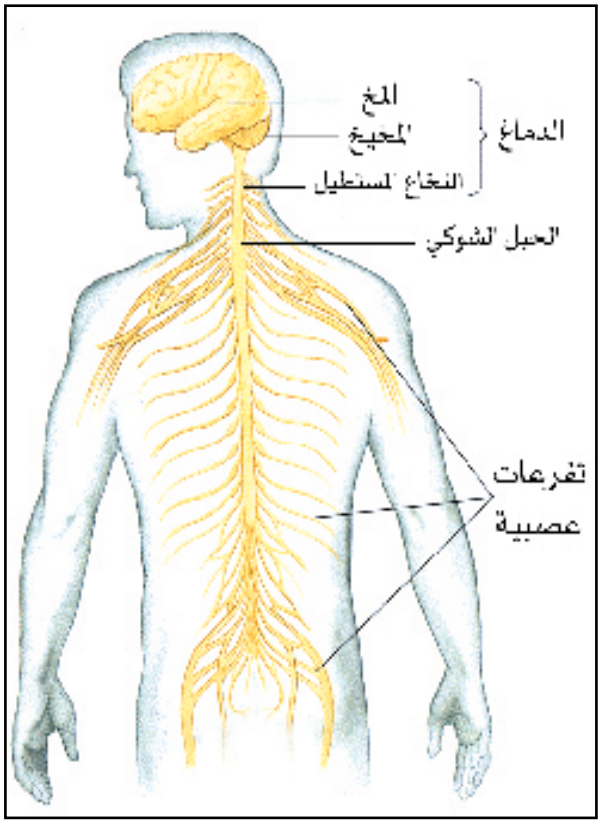
أما العقد العصبية (الدماغ) في الحشرة فتتكون من آلاف الخلايا العصبية، التي تمتد في الحبال العصبية، وتمتد أفرع من الحبال العصبية إلى جميع أنحاء الجسم.



الجهاز العصبي في الحشرات

٦) التآزر العصبي في الفقاريات:

تمتلك الفقاريات جهاز عصبي مركزي يمتلك حبل عصبي واحد يكون في الجانب الظهري ماراً في قنوات فقرات العمود الفقري، ويدعى الحبل الشوكي، ولها دماغ هو امتداد للحبل الشوكي ويوجد في صندوق الجمجمة في الرأس، ومن الحبل الشوكي تتفرع شبكة من الأعصاب التي تستقبل المؤثرات لتنقلها إلى الحبل الشوكي والمخ، وترسل الأوامر من الحبل الشوكي والمخ إلى الأعضاء المنفذة، وقد سبق أن درسنا بشيء من التفصيل الجهاز العصبي في الإنسان.



الجهاز العصبي في الإنسان

التقويم

السؤال الأول: عرف المصطلحات العلمية التالية:

أ) الهرمونات. ب) الغدد الصماء.

السؤال الثاني: أكمل العبارات التالية بما يناسبها:

١) اتجاه أوراق النباتات في الحقول إلى الضوء يسمى الانتحاء .....

٢) الفترة التي تقضيها بعض البذور بدون نمو تسمى .....

٣) يفرز هرمون النمو من الفص الأمامي للغدة .....

٤) ينتج التضخم البسيط للغدة الدرقية بسبب نقص كمية .....

٥) الهرمون الذي يستعمل لازالة الشعور بالألم يسمى .....

٦) تمتلك الهيدرا جهازاً عصبياً بسيطاً يسمى .....

السؤال الثالث: وضح بالتجربة كيف اكتشفت الأوكسينات النباتية.

السؤال الرابع: قارن بين الخلايا العصبية الأولية والخلايا العصبية من حيث انتقال السيالات العصبية فيها؟

السؤال الخامس: علل لما يأتي:

١) لا ينتحي ساق النبات عند تغطية القمة النامية له بغطاء معتم وتعريضه للضوء من جانب واحد.

٢) قطع القمة النامية للسيقان بمقص عند تقليم الأغصان في النباتات.

٣) زيادة كمية السكر في الدم عند بعض الأشخاص.

٤) ظهور الشعر على أجزاء من الوجه عند الرجل البالغ .

السؤال السادس: صمم جدولاً يحتوي على أسماء الغدد الصماء ومواقعها في الجسم والهرمونات التي تفرز منها وأهمية كل هرمون.

قائمة المراجع العربية

١. القرآن الكريم.
٢. الأساسيات المتكاملة لعلم الحيوان.
(علم وظائف الأعضاء والبيئة وسلوك الحيوان).
الجزء الرابع - تأليف / س. هيكمان - روبرتس - ف. هيكمان.
ترجمة: أ. د. ماهر حسين خليفة، أ.د. إبراهيم العليمي.
أ. د. أحمد نبيل قايد، أ.د. صبري صادق الصيرفي.
الطبعة الثالثة ١٩٩٨ - الدار العربية للنشر والتوزيع.
٣. علم حياة الإنسان (بيولوجيا الإنسان).
د. عايش زيتون .
الطبعة الثالثة ١٩٩٤، الناشر دار الشروق للنشر والتوزيع.
٤. أساسيات علم الحيوان.
د. محمد إسماعيل محمد، د. حلمي بشاي، د. يحيى العاصي، د. منى شرقاوي،
د. تغريد عبدالرحمن.
الطبعة الأولى ١٤٢٣هـ - الناشر دار الفكر العربي (القاهرة).
٥. مجلة العلوم والتقنية، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

المراجع الأجنبية

6 - Campbell Reece Mitchell **Biology** Addison - Wesley
7 - Campbell Reece Mitchell **Biology Concepts & Connections** Addison - Wesley
8 - Miller Levine Biology Prentice Hall
9 - Miller Levine **Biology** Prentice Hall 2002
10 - Holt Science & Technology **Life Science** Holt, RineHurt and Winston
11 - Boyle Senior **Biology** Collins Advance Science
12 - Digiuseppe and others **Biology 12** Thomson Nelson
13 - Holt, Rinehart and Winston **Modern Biology**
14 - G.B. Johnson **Biology Visualizing** Holt, Rinehart and Winston.
15 - Mire Bailey, Keith thirst **Biology As** Colins Second Edition..

شركة المطابع الأهلية للأوفست المحدودة
National Offset Printing Press Ltd. Co.
الرياض - المملكة العربية السعودية