دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الأحياء

للسنة الثانية من مرحلة التعليم الثانوي
(القسم العلمي)

الدرس الخامس

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي:
1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

3 - 2 تبادل الغازات في الحيوانات

تكون مساحة سطح الكائنات المائية وحيدة الخلية كبيرة بالمقارنة بحجمها. يحدث بفاعلية تبادل غازي لكل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الحيوان والبيئة المائية المحيطة عن طريق الانتشار خلال غشاء سطح الخلية. ولا تحتاج تلك الكائنات إلى جهاز خاص لتبادل الغاز أو آليات لنقل الأكسجين. وغالبًا ما تكون مساحة سطح الحيوانات الضخمة (مثل الأسماك، والبرمائيات، والثدييات) صغيرة بالنسبة لحجم أجسامها، وعلاوة على ذلك، يكون السطح في الغالب مُغطَي بطبقة سَميكة لحمايتها أو لمنع فقدان الماء، ولا يصلح للتبادل الغازي. وتوجد في تلك الكائنات أعضاء خاصة مثل الرئات والخياشيم حيث تكون مساحة سطح التبادل الغازي كبيرة جدًّا وتكون أغطيتها رقيقة. ويمكن بهذه الطريقة امتصاص كميات أكبر من الأكسجين وطرد كميات أكبر من ثاني أكسيد الكربون من الجسم في كل وحدة زمنية. وتساعد حركات تنسم خاصة على زيادة تبادل الغازات بين الحيوانات والبيئة المحيطة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

آليات التنسم

توجد لدى كثير من الحيوانات آليات تنسم خاصة تزيد من معدل تبادل الغازات بين الحيوانات والبيئة الخارجية. وتتم بشكل رئيس حركات التنسم عند الحيوانات على مرحلتين:

- دخول الهواء أو الماء وتسمى **الشهيق**.
- خروج الهواء أو الماء وتسمى **الزفير**.

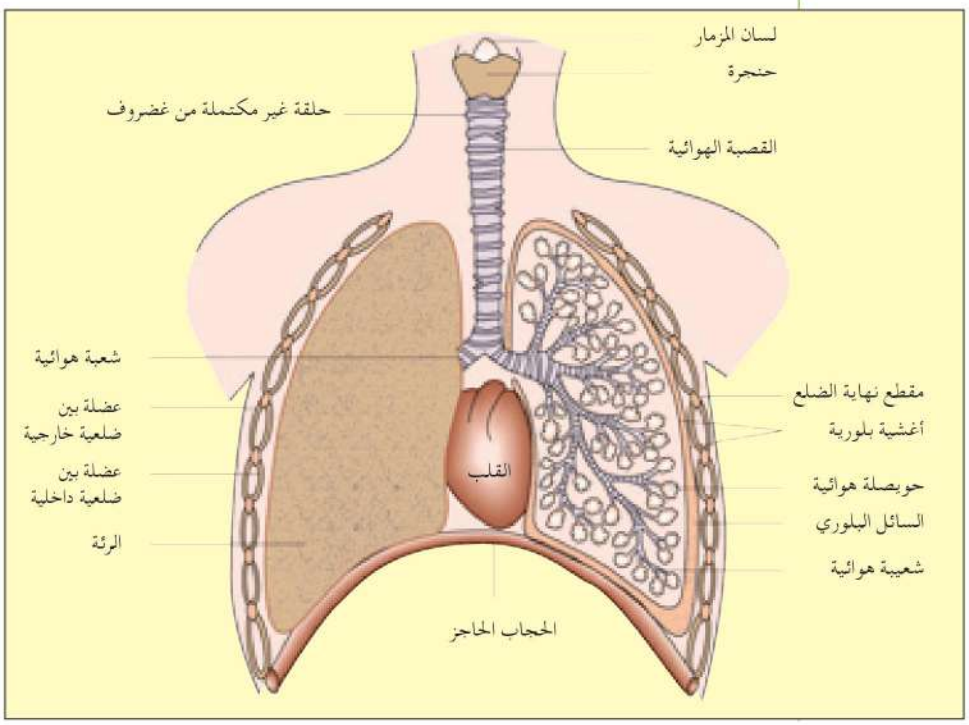
وعادة ما يوجد فاصل قصير بين هاتين المرحلتين.

ملحوظة

أهمية جهاز النقل (الجهاز الوعائي الدموي) في نقل الأكسجين إلى خلايا الجسم والتخلص من ثاني أكسيد الكربون تم شرحها في الوحدة (1).

جهاز تبادل الغازات عند الإنسان

الأعضاء المسئولة عن تبادل الغازات في الإنسان وغيره من الثدييات هي الرئتان في الصدر، والممرات الهوائية المؤدية إليهما. وتتكون الممرات الهوائية من **الممرات الأنفية**، **والبلعوم**، **والحنجرة**، **والقصبة الهوائية**، **وشعبتا القصبة الهوائية**، **والشعب الهوائية**. ويعتبر القفص الصدري، والضلوع، والحجاب الحاجز وغيرها من العضلات ذات الصلة أجزاءً أساسية في الجهاز التنفسي. ويدخل عادة الهواء إلى الجسم عن طريق فتحتي الأنف الخارجيتين.



شكل 3-3 جهاز تبادل الغازات في الإنسان (قطاع في الرئة اليسرى يبين الحويصلات الهوائية)

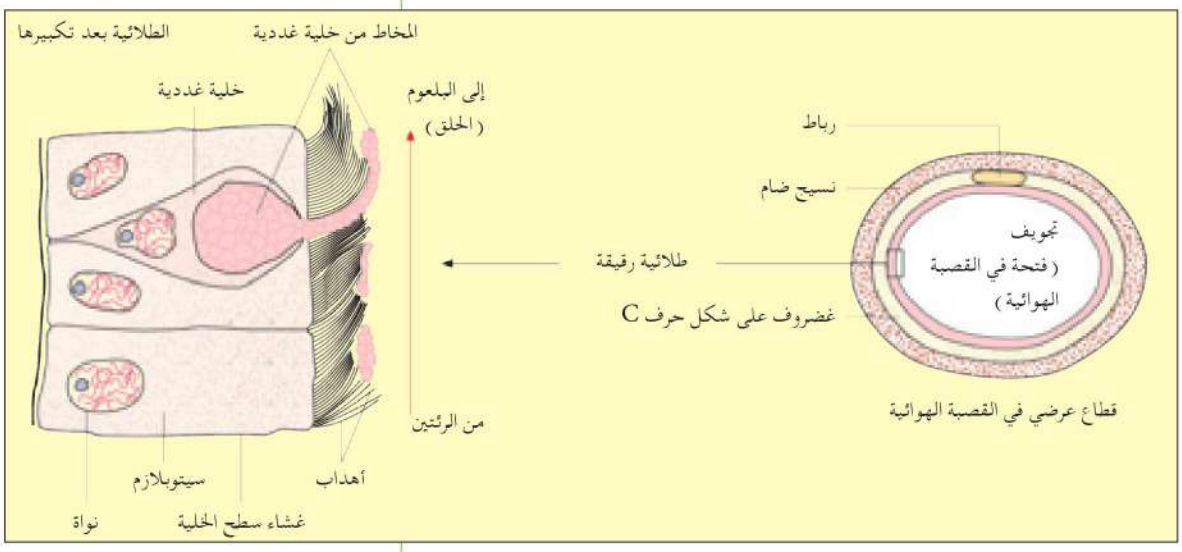
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وتوجد على جدران فتحتي الأنف أهداب من الشعيرات الدقيقة. وتؤدي فتحتا الأنف إلى الممرين الأنفيين المغطيين بغشاء مخاطي رطب. والتنفس عن طريق الأنف له المزايا التالية:

- تحجز الشعيرات الأنفية والمخاط الموجود على الغشاء المخاطي التراب والجسيمات الغريبة بما في ذلك بكتيريا الهواء.
- عند مرور الهواء خلال الممر الأَنفي يتم تدفئته وترطيبه قبل دخوله إلى الرئتين.
- يمكن اكتشاف المواد الكيميائية الضارة عن طريق الخلايا الحسية (خلايا مستقبلة صغيرة) في الغشاء المخاطي.

وتوجد عند نهاية الممر الأنفي فتحتان، هما فتحتا الأنف الداخليتان، يمر خلالهما الهواء إلى البلعوم. ويمر الهواء أولًا من البلعوم إلى الحنجرة ثم إلى القصبة الهوائية خلال فتحة تعرف **بالمزمار** (الوحدة 6 من كتاب الصف الأول من مرحلة التعليم الثانوي).

وتقع القصبة الهوائية أمام المريء وتمتد من الحنجرة إلى داخل تجويف الصدر، وتدعمها حلقات غضروفية على شكل حرف C تضمن بقاءها مفتوحة على الدوام. وتتفرع النهاية السفلية في القصبة الهوائية إلى أنبوبين هما **الشعبتان الهوائيتان**، واحدة لكل رئة. وتنقسم الشعبة الهوائية اليمنى إلى ثلاثة أنابيب شعبية، واحدة لكل فص من الفصوص الثلاثة في الرئة اليمنى، أما الشُعبة الهوائية اليسرى فتنقسم إلى اثنتين حيث يوجد بالرئة اليسرى فصان اثنان فقط.



شكل 3 – 4 تركيب القصبة الهوائية

وتحمل الطلائية التي تغطي الجدران الرقيقة في القصبة الهوائية والشعب الهوائية الأهداب. كما توجد أيضًا خلايا غددية في الطلائية تفرز المخاط (شكل 3 – 4) الذي يحجز جسيمات الغبار والبكتيريا. وتساعد الأهداب على إزاحة هذه الجسيمات إلى الشعبتين الهوائيتين والقصبة الهوائية ومنها إلى البلعوم، حيث تُبتلع بعد ذلك في المريء.

وتتفرع داخل الرئتين أنابيب الشُعب الهوائية إلى أنابيب أصغر فأصغر باستمرار، وتسمى أصغر أنابيب الشُعب الهوائية الشُعيبات الهوائية (شكل 3 – 3)، وليس لها دعامة غضروفية. وتنتهي كل شُعبة هوائية بعنقود من **الحويصلات الهوائية**. وتكون جدران الحويصلات الهوائية رقيقة جدًّا، ورطبة، ومزودة بالشعيرات الدموية مما يجعلها ملائمة لتبادل الغازات.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وتسمح الطبيعة المرنة للرئتين بالانبساط والانقباض بسهولة أثناء التنسم. ويحدث تبادل الغازات خلال جدران الحويصلات الهوائية (شكل 3 – 7ب). وتوجد في الرئة الآلاف من تلك الحويصلات الهوائية بحيث تتيح مساحة سطح كبيرة لتبادل الغازات. وتقدر مساحة سطح الحويصلات الهوائية الكلية في الرئتين بخمسين ضعف المساحة الإجمالية للجلد أو ما يساوي مساحة سطح ملعب تنس.

وتقع كل رئة من الرئتين في **تجويف البلورا**، وعند تمدد الرئتين يمتلئ هذا التجويف تقريبًا، و تجويف البلورا مبطن باثنين من الأغشية الشفافة المرنة تسمى **الأغشية البلورية**. ويغطي الغشاء البلوري الداخلي الرئة، بينما يتصل الغشاء البلوري الخارجي مع جدران الصدر والحجاب الحاجز، وتسمح الطبقة الرقيقة لسائل التليين (التزليق) بين أغشية البلورا بانزلاق الأغشية فوق بعضها البعض بسهولة عند انبساط الرئتين وانقباضهما أثناء التنفس.

وتدعم الضلوع جدار القفص الصدري، وتتصل بالعمود الفقري عن طريق الظهر بحيث يمكنها التحرك لأعلى أو أسفل. أما من الأمام (من جهة البطن)، تتصل الضلوع بنفس الطريقة **بعظمة الصدر** أو **القص**. ويوجد في الإنسان 12 زوجًا من الضلوع، تتصل العشرة ضلوع الأولى منها فقط (العد من أعلى) بالقص والباقي ضلوع حرة. وتوجد بين الضلوع مجموعتان من العضلات، وهما بالتحديد العضلات بين الضلعية الداخلية والخارجية (شكل 3 – 3)، وعند انقباض العضلات بين الضلعية الخارجية، تنبسط العضلات بين الضلعية الداخلية والعكس صحيح.

ويفصل الصدر عن البطن عضلة على شكل قبة ونسيج مرن هو **الحجاب الحاجز**. وعند انقباض عضلات الحجاب الحاجز يتسطح الحجاب الحاجز لأسفل، وعند ارتخائها يتقوس لأعلى مرة أخرى. ويغير عمل العضلات بين الضلعية والحجاب الحاجز من حجم تجويف الصدر.

آليات التنسم :

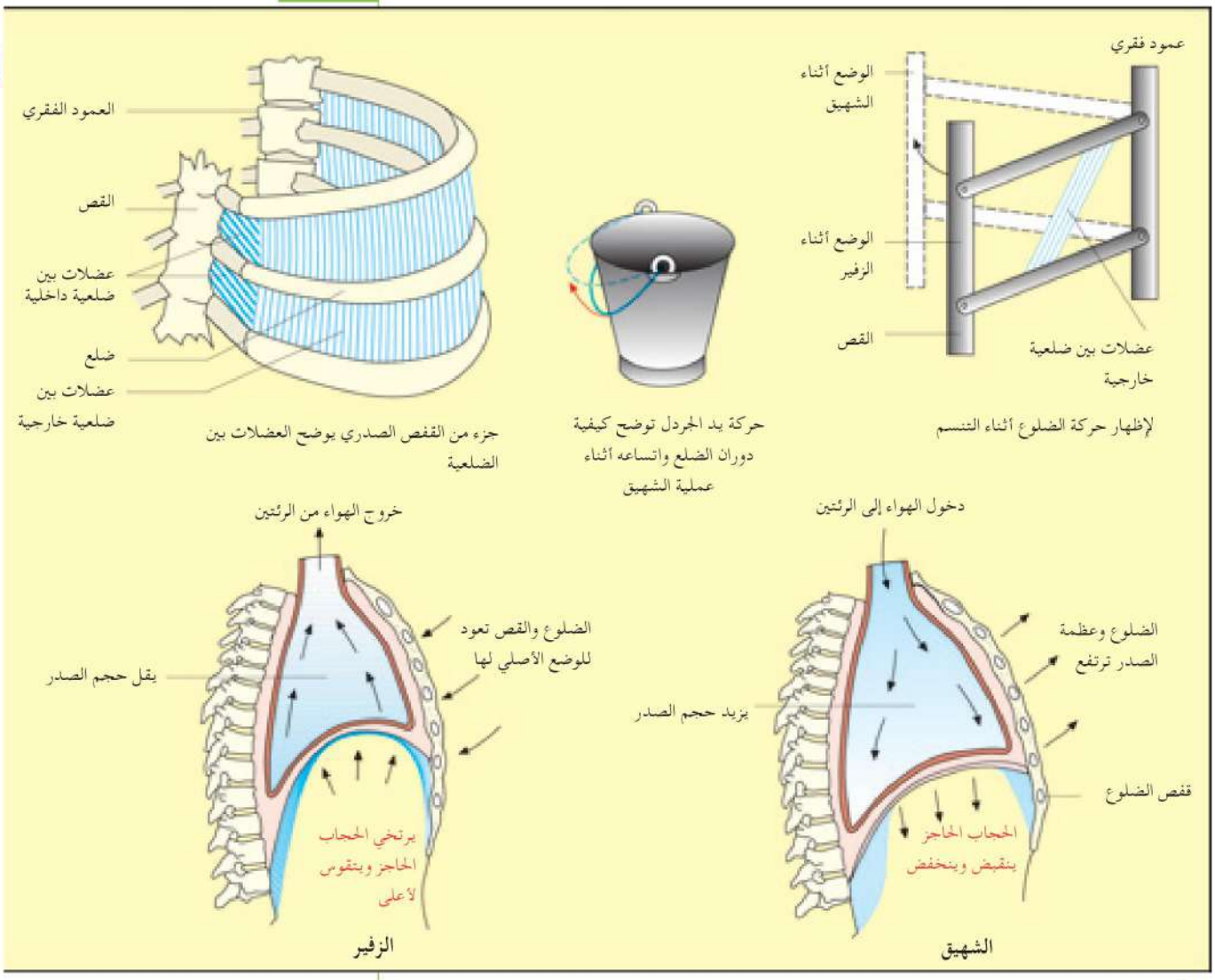
الشهيق أو دخول الهواء

أثناء عملية الشهيق تنقبض العضلات بين الضلعية الخارجية بينما تنبسط العضلات بين الضلعية الداخلية. نتيجة لذلك، تتحرك الضلوع لأعلى وللأمام وبالتالي يتحرك القص بعيدًا عن العمود الفقري مما يزيد من قطر تجويف الصدر. وتزيد الحركة العلوية للضلوع من عرض الصدر، وتشبه تلك الحركة رفع مقبض الجردل (الدلو) كما هو مبين في شكل 3–5.

وعند ارتفاع الضلوع إلى أعلى ينقبض الحجاب الحاجز، ويتسطح مما يزيد من سعة تجويف الصدر (ويمكن مقارنة تأثير الحجاب الحاجز على الرئتين باستخدام حجاب حاجز مطاطي وبالونين في شكل 3 – 6). وبزيادة حجم تجويف الصدر يقل الضغط داخله ويصبح أقل من الضغط الجوي الخارجي.

وعند اتساع تجويف الصدر، يسبب ضغط الهواء في الحويصلات الهوائية تمدد الرئتين لتملأ الفراغ المتسع.

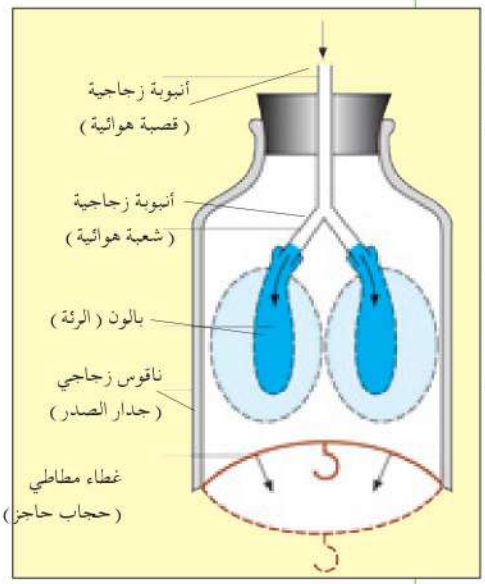
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



شكل 3-5 آلية التنسم في الإنسان

ويقلل تمدد الرئتين من ضغط الهواء في الحويصلات . ويصبح الآن هواء الحويصلات ذا ضغط أدنى من الهواء الجوي خارج الجسم الذي يندفع إلى الرئتين إلى أن يتعادل ضغط الهواء في الرئتين مع الضغط الجوي . هكذا يتم بالفعل سحب الهواء إلى الرئتين .

يعقب ذلك فترة توقف قصيرة يتم أثناءها تبادل الغازات بين هواء الحويصلات والدم، ويذوب الأكسجين في النداوة المبطنة لجدران الحويصلة . ينتشر الأكسجين المذاب بعد ذلك في الدم حيث يرتبط مع الهيموجلوبين ليكون أوكسي هيموجلوبين، وينتشر أثناء ذلك ثاني أكسيد الكربون في الاتجاه العكسي أي من الدم إلى داخل تجويف الحويصلة .



شكل 3-6 نموذج يحاكي عمل الحجاب الحاجز

■ *الزفير أو خروج الهواء*

يعقب الشهيق حدوث الزفير، حيث يرتخي الحجاب الحاجز ويتقوس إلى أعلى . وترتخي العضلات بين الضلعية الخارجية بينما تنقبض العضلات بين الضلعية الداخلية . وتعود الضلوع والقص إلى أوضاعها الطبيعية حيث تضغط على الرئتين، فتكون الرئتان في حالة انضغاط ليندفع الهواء بقوة خارجهما .

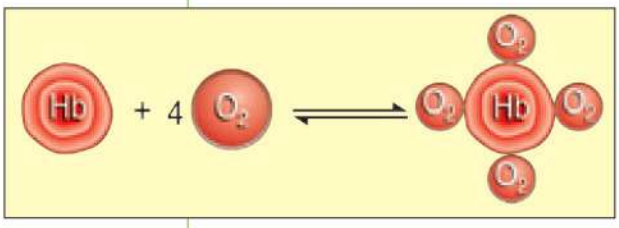
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

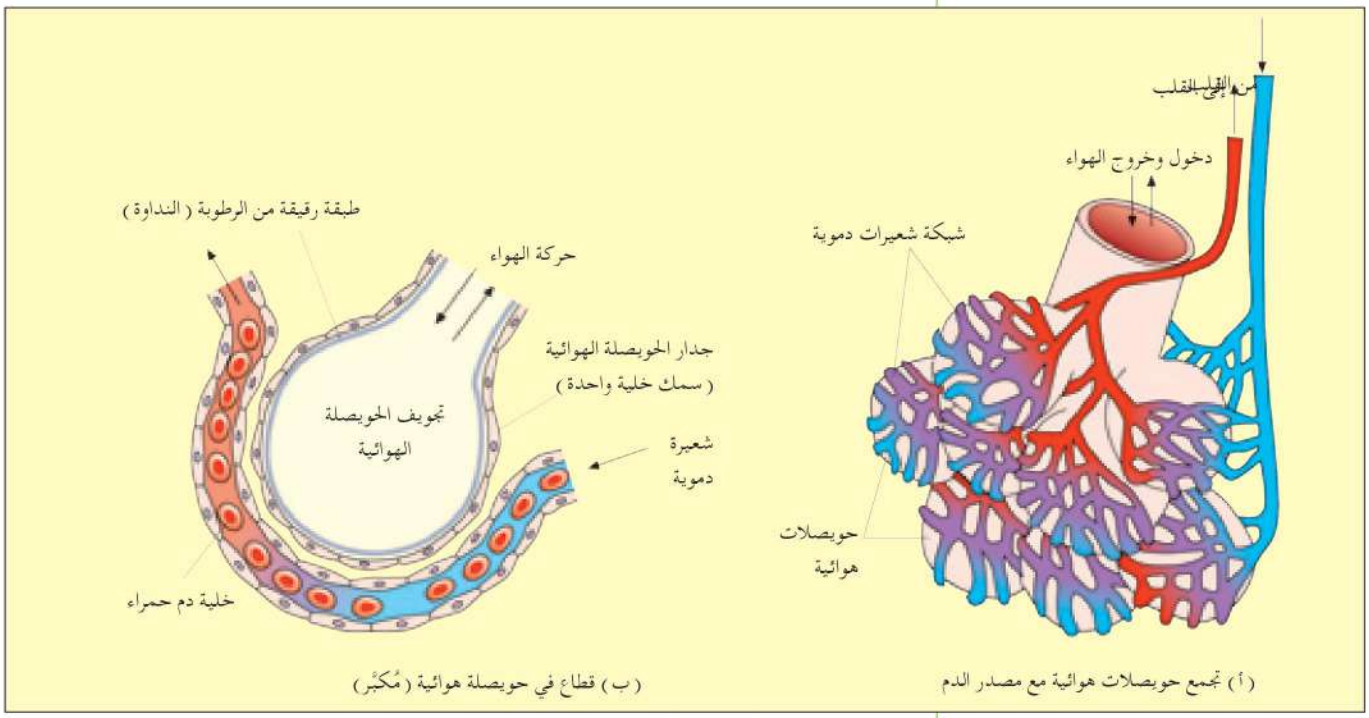
تبادل الغازات في الرئتين

يحدث تبادل الغازات في الرئتين عن طريق الانتشار، فالدم الذي يدخل إلى الرئتين يحتوي على كمية قليلة من الأكسجين وكمية أكبر من ثاني أكسيد الكربون. والهواء الذي يدخل الجسم أثناء عملية الشهيق يحتوي على كمية كبيرة من الأكسجين وكمية أقل من ثاني أكسيد الكربون. وتدرج الانتشار هذا والذي يكون فيه تركيز الأكسجين في هواء الحويصلات الهوائية أعلى منه في الدم، وتركيز ثاني أكسيد الكربون في الدم أعلى منه في هواء الحويصلات الهوائية يمكن الحفاظ عليه بالوسيلتين الآتيتين:

- التدفق المستمر للدم خلال الشعيرات الدموية.
- دخول وخروج الهواء في الشعب الهوائية أثناء التنفس.

ويسمح الغشاء (سُمكه خلية واحدة) الذي يفصل الشعيرات الدموية عن هواء الحويصلات بنفاذ الغازين، مما يسمح بانتشار سهل لهما. وبما أن الشُعيبات الهوائية تحتوي على أكسجين أكثر من الدم، فإن الأكسجين ينتشر إلى داخل الدم بعد ذوبانه في النداوة المبطنة لجدران الحويصلات الهوائية. ويرتبط الأكسجين مع الهيموجلوبين في كريات الدم الحمراء ليكون أوكسي هيموجلوبين. وعليه يكون هذا التفاعل عكسيا، ويتوقف اتجاهه إلى اليمين أو اليسار على كمية الأكسجين الموجودة بالبيئة المحيطة. وفي الرئتين حيث يكون تركيز الأكسجين أعلى، يتحول التفاعل إلى جهة اليمين ويتكون الأوكسي هيموجلوبين. وعند مرور الدم خلال الأنسجة الفقيرة في الأكسجين، يتحول التفاعل إلى جهة اليسار، وبذلك يتحرر الأكسجين. وينتشر بعد ذلك الأكسجين خلال جدران الشعيرات الدموية إلى داخل الخلايا (الوحدة 1).





شكل 3 - 7 الحويصلات الهوائية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تنفس النبات

من المهم تذكر أن الخلايا النباتية تتنفس طوال الوقت. إلا أنه في وجود ضوء الشمس الساطع فقط وعندما يكون معدل البناء الضوئي أكبر من معدل التنفس في النباتات، تطلق النباتات الأكسجين خلال الثغور.

وينتشر ثاني أكسيد الكربون الناتج من خلايا النسيج إلى داخل بلازما الدم حيث يُنقل في صورة أيونات كربونات الهيدروجين (بيكربونات) إلى الرئتين. وفي الرئتين تحول كربونات الهيدروجين مرة ثانية إلى ثاني أكسيد الكربون، الذي ينتشر خارجًا من الشعيرات الدموية إلى داخل تجاويف الحويصلات الهوائية.

ويتبخر بعض الماء من جدران الحويصلات الهوائية، وتنتقل أيضًا بعض الحرارة من الدم إلى هواء الحويصلات الهوائية.

■ *سعات الرئة*

يتغير جزء فقط من الهواء في الرئتين مع كل دورة تنسم، وتتغير كمية الهواء تبعًا لعمق التنسم. ويقدر أنه في كل دورة تنسم عادية يدخل نحو 500 سم^3 من الهواء إلى الرئتين، ويخرج نفس المقدار تقريبًا في الزفير. ويعرف ذلك الحجم من الهواء **بالهواء المدِّي** (كمية الهواء التي تدخل الجسم وتغادره في كل عملية شهيق وزفير)، ويجب مراعاة أن الأرقام المستخدمة هنا هي أرقام تقريبية، حيث تختلف من شخص إلى آخر.

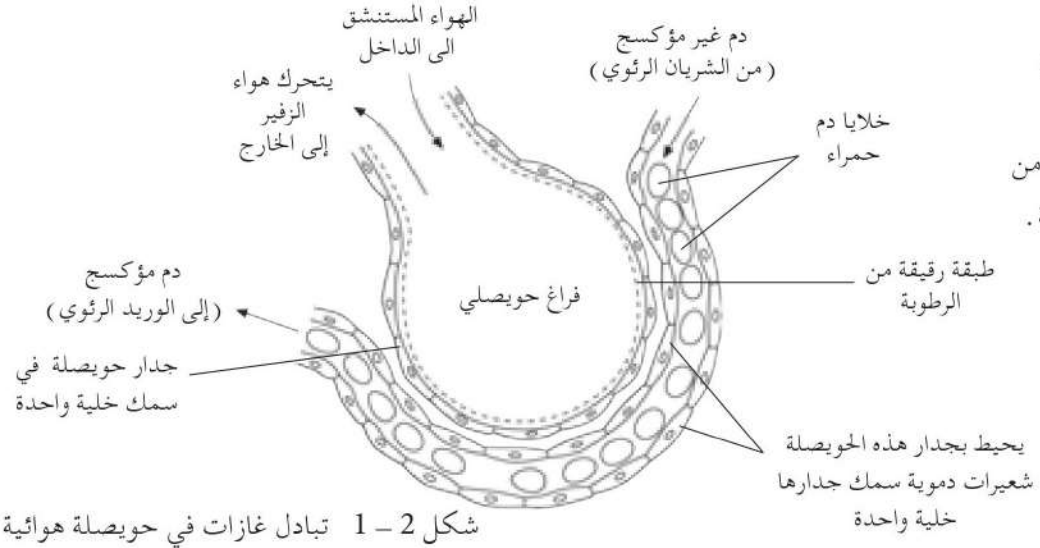
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

2 – 3 أعضاء تبادل الغازات

◄ أعضاء التنفس (تبادل الغازات) هي الرئتان في الصدر، والممرات الهوائية المؤدية إليهما.

- **الصدر**: تتعلق الرئتان في الصدر وتحيط بهما أغشية بلورية. وتحاط مقدمة وجوانب ومؤخرة الصدر بالقفص الصدري. وتوجد بين الضلوع عضلات بين ضلعية. ويفصل الحجاب الحاجز بين الصدر والبطن الموجودة أسفله.
- **الممرات الهوائية**: يدخل الهواء إلى الجسم عن طريق الأنف والفم، واللذان يؤديان إلى البلعوم والحنجرة والقصبة الهوائية والشعبتين الهوائيتين. وتدخل كل شعبة هوائية رئة حيث تنقسم بشكل متكرر لتكوين أنابيب هوائية صغيرة تسمى الشعيبات الهوائية. وتنتهي الأنابيب الهوائية الدقيقة جدًّا بحويصلات هوائية ذات جدران رقيقة والتي تسمى الحويصلات الهوائية.

ملاحظة: ينتشر الأكسجين من الحويصلة الهوائية إلى الدم، وينتشر ثاني أكسيد الكربون من الدم ليدخل الحويصلة الهوائية.



شكل 2 – 1 تبادل غازات في حويصلة هوائية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

- **الرئتان:** تتكون من ملايين الحويصلات الهوائية التي تهيئ السطح لتبادل الغازات، وتكيفت تلك الحويصلات لإحداث تبادل غازي كافٍ بالطرق التالية:
  1 توفر ملايين الحويصلات في الرئتين مساحة سطح كبيرة لتبادل الغازات (تساوي مساحة ملعب كرة التنس تقريبًا).
  2 جدرانها في سُمك خلية واحدة فقط لتتمكن الغازات من الانتشار خلالها بسهولة.
  3 تتضمن جدرانها دائمًا طبقة رقيقة من الرطوبة حتى يمكن ذوبان كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون فيها، وبالتالي ينتشران بسهولة خلال الجدران.
  4 تحاط بشبكة من الشعيرات الدموية حتى يمكن للدم نقل الأكسجين إلى خلايا الجسم وثاني أكسيد الكربون منها بسرعة.

2 – 4 آلية التنسم في الإنسان

- تشمل آلية التنفس مرحلتين:
- **الشهيق:** يتمدد القفص الصدري (يقل الضغط بداخله) خلال هذه العملية ساحبًا الهواء من الخارج إلى الرئتين. ولتوسيع القفص الصدري:
  1 تنقبض العضلات بين الضلعية الخارجية، وتنبسط العضلات الداخلية، دافعة الضلوع للتحرك لأعلى وللخارج.
  2 ينقبض الحجاب الحاجز ويتفلطح.
- **الزفير:** يعود القفص الصدري إلى حجمه المعتاد (يزيد الضغط بداخله) خلال هذه العملية دافعًا الهواء من الرئتين إلى الخارج، ولأداء ذلك:
  1 تنبسط العضلات بين الضلعية الخارجية، وتنقبض العضلات الداخلية وتتحرك الضلوع لأسفل.
  2 ينبسط الحجاب الحاجز ويتقوس لأعلى.

	هواء الشهيق	هواء الزفير
الأكسجين	%21	%16.4
ثاني أكسيد الكربون	%0.03	%4.0
النيتروجين	%78	%78
بخار الماء	متغير (نادرًا ما يكون متشبعًا)	مشبع
درجة الحرارة	متغيرة	أدفأ، وتكون حوالي 37°س

- مكونات الهواء الذي نستنشقه ونزفره كما هو مبين بالجدول السابق.
- تؤدي التمرينات الرياضية إلى زيادة معدل وعمق التنفس، فتصل كمية أكبر من الأكسجين إلى العضلات المنقبضة، ويتم التخلص من ثاني أكسيد الكربون الزائد في العضلات.
- يعتبر التركيز العالي لثاني أكسيد الكربون في الدم أو في هواء الحويصلات الهوائية هو المحفز للتنفس وليس نقص الأكسجين.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

2 – 5 تبادل الغازات في النباتات الخضراء

- على النقيض من الحيوانات الراقية، يكون الانتشار البسيط للغازات كافيًا لسد الحاجات الأيضية للنباتات الخضراء لأن لدى النباتات مساحة سطح كبيرة بالنسبة لحجمها.

- خلال عملية التنفس، ينتشر الأكسجين الجوي خلال:
  1 الثغور في الأوراق، والسيقان النامية، أو
  2 العديسات في السيقان الخشبية المعمرة إلى داخل المساحات بين الخلوية.

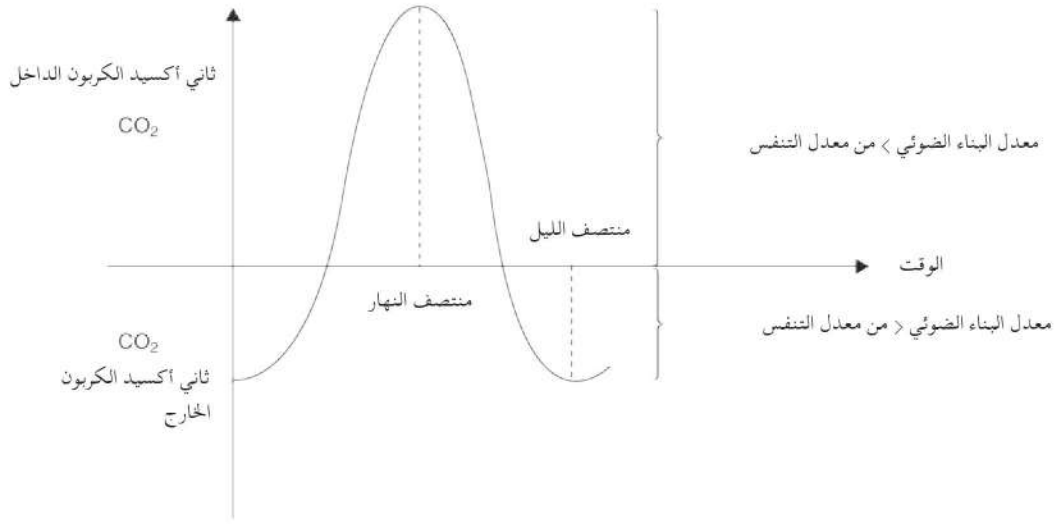
- وبمجرد دخول الأكسجين، فإنه يذوب في الطبقة الرقيقة من الرطوبة المحيطة بالخلايا وينتشر داخل الخلايا، ويمكنه عندئذ الانتشار بسهولة من خلية إلى الخلية المجاورة لها.

- وهنا، يجب أن يتواجد تدرج تركيز للأكسجين (أي تركيز أعلى للأكسجين في الغلاف الجوي بالنسبة لما يوجد في المساحات بين الخلوية أو الخلايا) لدفع الأكسجين إلى داخل النباتات.

- وبالمثل، ينتشر ثاني أكسيد الكربون، المنتج الثانوي لتنفس النسيج، بموازاة تدرج التركيز هنا، ينتشر ثاني أكسيد الكربون خارج الخلايا خلال شبكة المساحات بين الخلوية إلى الغلاف الجوي خلال الثغور والعديسات.

- على الرغم من ذلك، فأثناء النهار حين يكون معدل البناء الضوئي أكبر من معدل التنفس، تنعكس عملية التبادل الغازي حيث ينتشر الأكسجين الزائد للخارج بينما ينتشر ثاني أكسيد الكربون (الضروري للبناء الضوئي) إلى داخل أعضاء النبات.

- ويمكن تصوير معدل البناء الضوئي والتنفس في النبات خلال مدة 24 ساعة بالرسم البياني التالي:



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا