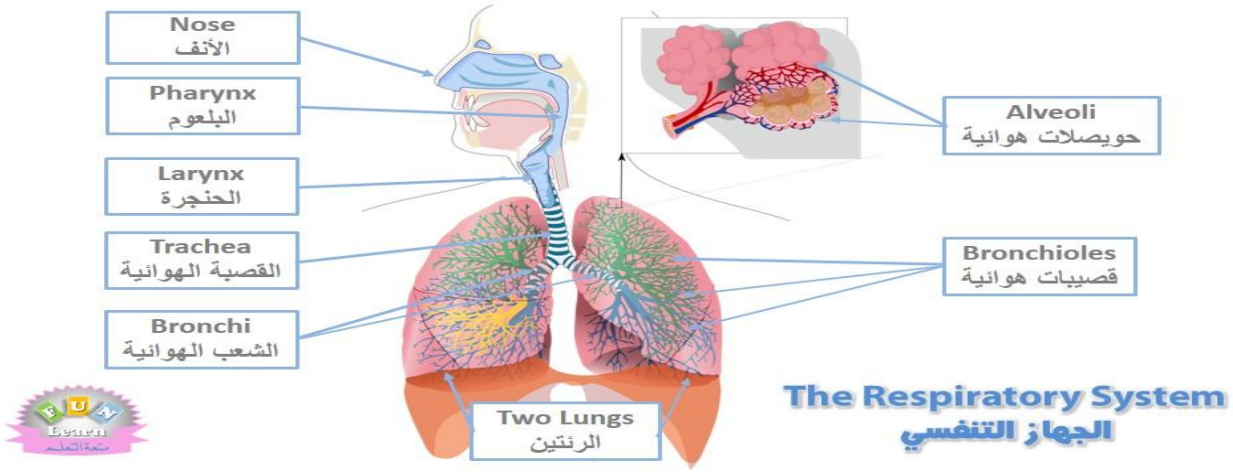
# المحاضرة رقم05: فيزيولوجيا الجهاز التنفسي

1- **تعريف الجهاز التنفسي Respiratory system:** هو عبارة عن مجموعة من الأعضاء المسؤولة عن تبادل الغازات المتمثل بأخذ الأوكسجين وطرح ثاني أكسيد الكربون، ويشمل جهاز التنفس في الإنسان كل من الأنف والبلعوم والحنجرة والقصبات الهوائية والشعب الهوائية والرئتين، ولكل من هذه الأعضاء الوظيفة الخاصة التي يقوم بها في عملية التنفس، وتكمن أهمية جهاز التنفس بأنه يوفر الكمية الكافية من الأوكسجين الذي تحتاجه كافة الخلايا للقيام بعملية التنفس الخلوي ، وفي حال حدوث خلل واضطراب في جهاز التنفس، فسيؤدي إلى نقص الأوكسجين الواصل إلى الخلايا، وتعرف هذه الحالة بـhypoxia وسيؤثر هذا على جميع خلايا الجسم، وبشكل خاص سيؤثر على خلايا الدماغ ويؤدي إلى موتها.




2- **تعريف التنفس:** هو مجموعة العمليات الفيزيائية والكيميائية التي تؤدي إلى تحرير الطاقة الكيمياوية الموجودة في المادة الغذائية بأكسدة جزيئاتها العضوية.

والتنفس نوعان: تنفس يؤمن استخلاص الأكسجين من الوسط وطرح ثنائي أكسيد الكربون، ويسمى التنفس الخارجي أو التبادل الغازي، وتنفس يتم على مستوى الخلايا يسمى التنفس الخلوي .

يتم التبادل الغازي بين الخلايا والوسط الخارجي، سواء كان هوائياً أو مائياً، بوساطة جهاز خاص يسمى جهاز التنفس. ولكي تتأمن حركة غازي الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون بين الوسط الخارجي و المتعضية، لابد من توفر سطوح تنفسية يتم تبادل هذين الغازين عبرها.

**3- مكونات الجهاز التنفسي:**يمكن تقسيم أجزاء الجهاز التنفسي إلى ثلاثة أجزاء أساسية هي: الطريق الهوائي، الرئتين، العضلات التنفسيّة.

**3-1 الطرق الهوائيّة:** تشمل الطرق الهوائيّة الأعضاء التالية: الأنف، الفم، البلعوم، الحنجرة، الرغامى، القصبات والقصيبات، وتقع على عاتق هذه الأجزاء مهمّة نقل الهواء بين رئتيك والوسط الخارجي لجسمك، فيما يلي تفاصيل كل منها:

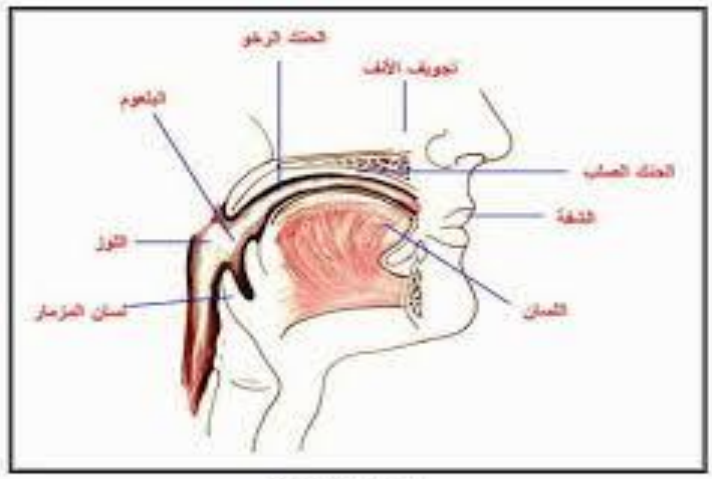
**3-1-1- الأنف والتجويف الأنفي (Nose and Nasal Cavity):** يشكّل الأنف والتجويف الأنفي الأجزاء الأولى من الطرق الهوائيّة، وإنّ الأنف عبارة عن أحد أجزاء وجهك يتكوّن من غضروف وعظام وعضلات، بالإضافة إلى بشرة تدعم وتحمي الجزء الأمامي من التجويف الأنفي.

يشكل التجويف الأنفي غرفة فارغة ومجوّفة في الجمجمة مبطنة بالأشعار والأغشية المخاطية، حيث تتجلى وظيفة التجويف الأنفي بتدفئة وترطيب وتنقية الهواء الداخل إلى الرئتين.

حيث إن الأشعار والأغشية المخاطية المبطنة للتجويف الأنفي تلعب دوراً مشابه للصمغ في التقاط ومنع الأغبرة وغبار الطلع وغيرها من الجزيئات الدقيقة الموجودة في البيئة من العبور، وفي نفس الوقت فإن الهواء يخرج من الرئتين دافئاً ورطباً ليمر عبر التجويف الأنفي ومن ثم يطرح إلى الوسط الخارجي.

**3-1-2- الفم (Mouth):** الفم أو التجويف الفموي يشكل وسط اتصال ثانوي بين الخارج و الرئتين، فمن المعروف أن التنفس الطبيعي يتم عبر التجويف الأنفي، لكن من الممكن استعمال التجويف الفموي في تأمين الدعم للتجويف الأنفي عند التنفس أو كبديل له عند الحاجة.

شكل




التجويف الفموي

وبما أن الطريق الذي يعبره الهواء الداخل إلى الجسم عبر الفم أقصر من ذلك الذي يعبره من خلال الأنف فإن الفم لا يستطيع ترطيب وتدفئة الهواء الداخل إلى الرئتين بشكل جيد. بالإضافة إلى أن الفم يفتقر إلى الأشعار والغشاء المخاطي السميك اللذين يعملان على تنقية الهواء، بينما الميزة الوحيدة للتنفس عبر الفم تتجلى بأن هذا الطريق أقصر وأكبر قطراً ممّا يسمح بمرور كميّة أكبر من الهواء وبشكل أسرع إلى داخل الجسم.

**3-1-3- البلعوم (Pharynx):** يعرف البلعوم أيضاً باسم الحلق، وهو عبارة عن قمع عضلي يمتد من النهاية الخلفية للتجويف الأنفي إلى النهاية العلوية للمري والحنجرة، ويقسم البلعوم إلى ثلاث مناطق هي؛ البلعوم الأنفي، البلعوم الفموي، البلعوم الحنجري.

يشكل البلعوم الأنفي الجزء العلوي من البلعوم ويوجد في الجزء الخلفي من التجويف الأنفي، فالهواء المستنشق عبر التجويف الأنفي يمر إلى البلعوم الأنفي ثم يهبط عبر البلعوم الفموي الموجود خلف التجويف الفموي.

والهواء المستنشق عبر التجويف الفموي يدخل البلعوم من نقطة البلعوم الفموي ثم يهبط الهواء بعدها إلى البلعوم الحنجري حيث يتم تحويل هذا الهواء إلى فتحة الحنجرة عبر لسان المزمار.

ولسان المزمار عبارة عن صفيحة غضروفية مرنة تلعب دوراً يشبه في عمله سّكة وصل القطار التي توجه القطار إلى أحد طريقين، هذان الطريقان في الجسم هما المري والرغامى. فبما أن استخدام البلعوم من أجل ابتلاع الطعام يعمل لسان المزمار هنا على التأكد من أن الهواء سوف يعبر الرغامى عبر تحركه للخلف وتغطيته لفتحة المري، وبالعكس فإن لسان المزمار أثناء تناول الطعام يقوم بتغطية فتحة الرغامى ليتأكد من أن الطعام سوف يدخل إلى المري ولن يحدث الاختناق بالطعام.

**3-1-4- الحنجرة (Larynx):** تعرف الحنجرة أيضا بصندوق الصوت، وتشكل جزءا قصيرا من الطريق الذي يعبره الهواء في رحلته للوصول إلى الرئتين، وهي تصل ما بين البلعوم الحنجري والرغامى، توجد الحنجرة في الجزء الأمامي من العنق أسفل العظم اللاّمي (هو عظم له شكل حرف U يقع تحت الفك السفلي، وهو العظم الوحيد في الجسم الذي لا يتمفصل مع أي عظم آخر) وأعلى الرغامى.

يوجد عدة غضاريف ترتبط مع الحنجرة وتساهم في إعطائها شكلها، لسان المزمار هو واحد من هذه الغضاريف يعمل على تغطية فتحة الحنجرة عند البلع، وأسفل لسان المزمار يوجد الغضروف الدرقي (غالبا ما يشار إليه بتفاحة آدم) لأنه أكثر ضخامة وحجما ونستطيع مشاهدته عند الذكور البالغين.

يعمل الغضروف الدرقي على إبقاء النهاية الأمامية من الحنجرة بشكل مفتوح بالإضافة إلى دوره في حماية الحبال الصوتية، وأسفل الغضروف الدرقي يتواجد غضروف ذو شكل حلقي معروف باسم الغضروف الحلقي يعمل أيضاً على بقاء الحنجرة مفتوحة وكذلك دعم نهاية الحنجرة الخلفية.

بالإضافة للغضاريف التي تحويها الحنجرة هناك بنىً خاصة ضمنها هي الحبال الصوتية التي تسمح بإصدار الأصوات أثناء الكلام.

وتتكون الحبال الصوتية من غشاء مخاطي يهتز فتنتج الأصوات عن هذا الاهتزاز، ويمكن تعديل توتر وسرعة اهتزاز الحبال الصوتية فتتغير نغمة الصوت الناتجة.

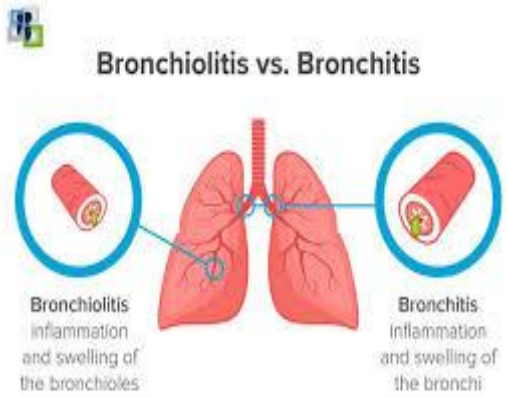
**3-1-5- الرغامى (Trachea):** عبارة عن أنبوب عضلي مكون من حلقات غضروفية مفتوحة باتجاه الخلف بشكل حرف C، تصل الرغامى ما بين الحنجرة والقصبات الرئيسية اليمنى واليسرى، وإن الحلقات الغضروفية المكوّنة للرغامى هي التي تسمح لها بالبقاء مفتوحة، أما النهاية المفتوحة لهذه الغضاريف فتتجه نحو الخلف باتجاه المري سامحةً له بالتمدّد خلال هذه المسافة التي تشغلها الرغامى حتى يستوعب كتل الطعام التي تتحرك على طوله.

الوظيفة الأساسيّة للرغامى تتجلى في تأمين طريق لمرور الهواء الداخل والخارج، وتُبطّن الرغامى من الداخل بخلايا تملك أهداباً تتحرك بشكل يدفع المخاط الموجود ضمن الرغامى باتجاه الأعلى حيث يتم بلعه وهضمه ضمن الطرق الهضميّة.

**3-1-6- القصبات والقصيبات (Bronchi and Bronchioles):** ينقسم الطريق الهوائي عند النهاية السفلية للرغامى إلى فرعين أيمن وأيسر، أو ما يعرف بالقصبتين الرئيسيتين اليمنى واليسرى، ثم تدخل كل منها في رئة قبل أن تبدآن بالتفرع إلى قصبات ثانوية أصغر.

القصبات الثانوية تحمل الهواء إلى الفصوص الرئوية، يوجد فصان في الرئة اليسرى وثلاثة فصوص في الرئة اليمنى، ثم تنقسم القصبات الثانوية إلى قصبات ثالثيّة أكثر صغرا داخل كل فص من الفصوص الرئوية، تنقسم القصبات الثالثيّة إلى

قصيبات (Bronchioles) كثيرة وصغيرة تنتشر خلال الرئة، وكل قصيبة تتابع الانقسام أيضا معطية فروعا صغيرة جدا ذات أقطار أقل من 1 ملم تدعى بالقصيبات النهائية، وأخيراً فإن الملايين من القصيبات النهائية توصل الهواء إلى الأسناخ الرئوية.




في نفس الوقت الذي تتقسم فيه الطرق الهوائية بشكل يشبه أغصان الأشجار إلى قصبات وقصيبات فإن بنية جدار هذه الطرق تتغير أيضاً، حيث أن القصبات الرئيسية تملك العديد من الغضاريف ذات الشكلي الحلقي (شكل حرف C) التي تبقي الطريق الهوائي مفتوحاً بشكل ثابت، أثناء تفرع القصبات إلى قصبات ثانوية وثالثية فإن الغضروف يصبح أقل حجما أما العضلات الملساء والألياف المرنة فتتواجد بشكل أكبر في الجدار كلما صغرت الفروع.

تختلف بنية القصيبات عن بنية القصبات في أنها لا تحوي أي غضروف إطلاقا، وتتواجد فيها العضلات الملساء والألياف المرنة التي تجعلها أكثر مرونة وقدرة على الانغلاق.

تتجلى الوظيفة الرئيسية للقصبات والقصيبات في حمل الهواء من الرغامى إلى الرئتين، والنسيج العضلي الأملس الموجود في جدارهما يساعد في تنظيم جريان الهواء الداخل إلى رئتيك، فعندما يحتاج جسمك إلى حجم أكبر من الهواء – كما عند قيامك بالتمارين الرياضية – تسترخي العضلات الملساء فتتوسع القصبات والقصيبات.

وعند توسع الطرق الهوائية تنقص المقاومة التي يتعرض لها التيار الهوائي ما يتيح الفرصة لكميات أكبر من الهواء بالدخول، تمتلك الألياف العضلية الملساء القدرة على التقلص أثناء الراحة مانعة بذلك التهوية.

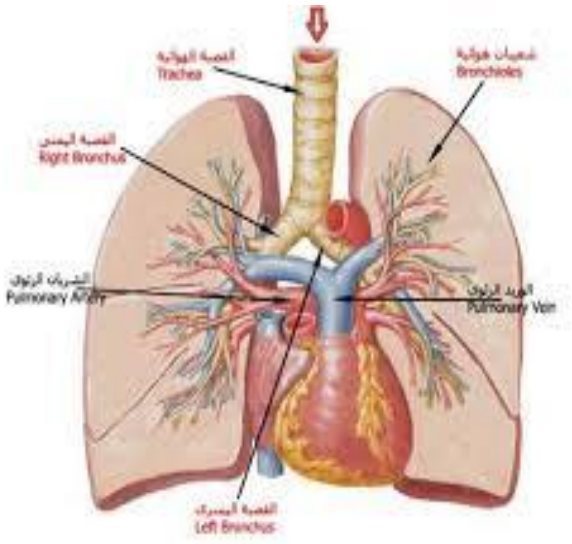
القصبات والقصيبات تستخدم المخاط والأهداب الموجودين في البطانة لاحتجاز الغبار وغبار الطلع وغيرها بعيدا عن الرئتين.

**3-2- الرئتين:**

الرئة عبارة عن عضو إسفنجي موجود في الصدر وبجوار القلب وأعلى الحجاب الحجاز، يحيط بكل رئة من الرئتين غشاء يدعى غشاء الجنب يسهم في تأمين مسافة معيّنة تستطيع الرئة التمدد من خلالها.

بالإضافة لوجود الضغط السلبي ضمن هذه المسافة مقارنة بالضغط الجوي خارج الجسم، يسمح الضغط السلبي للرئتين بإدخال الهواء لداخلهما دون بذل أي جهد (آلية منفعلة أي بانتقال الهواء من الوسط ذي الضغط العالي إلى الوسط ذي الضغط المنخفض).

تختلف الرئة اليمنى عن اليسرى اختلافاً بسيطاً من حيث الحجم والشكل، ويعزى ذلك لوجود القلب في الجزء الأيسر من الجسم، لذلك فإن الرئة اليسرى أصغر قليلاً من الرئة اليمنى، وتتألف الرئة اليسرى من فصّين اثنين بينما تحوي الرئة اليمنى ثلاثة فصوص.




الجزء الداخلي من الرئتين مكوّن من نسيج إسفنجي يحوي العديد من الشعيرات الدموية وحوالي 30 مليون من الأكياس الصغيرة المعروفة باسم الأسناخ الرئوية (الجزء الأكثر بعداً من الشجرة القصبيّة ذو شكل يشبه الفنجان)، وتكون هذه الأكياس محاطة بالشعيرات الدموية الدقيقة حيث يتم تبادل الغازات بين الدم والهواء.

### 3-3- عضلات التنفس (Muscles of Respiration)

مجموعة من العضلات المحيطة بالرئتين التي تسمح للهواء بالدخول إلى الرئتين أو الخروج منهما، وتشّكل عضلة الحجاب الحاجز العضلة الأساسيّة المستخدمة في عمليّة التنفس في جسم الإنسان.

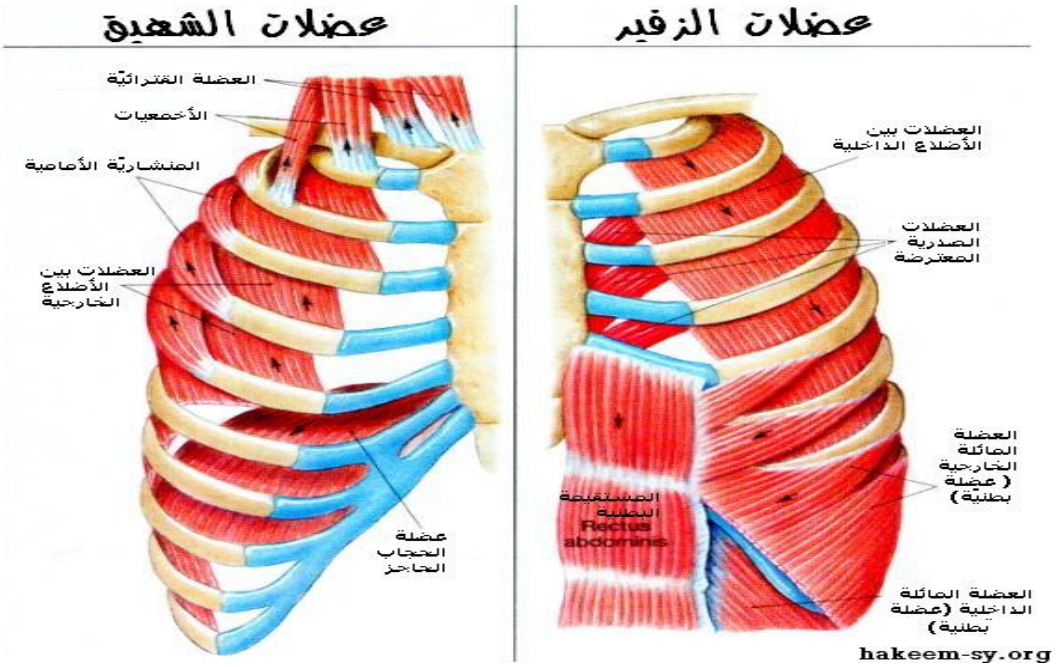
وهي عضلة هيكلية رقيقة ذات شكل شريطي تشكل أرضية الصدر، عندما يتقلص الحجاب الحاجز يتحرك إلى الأسفل مسافة عدة سنتيمترات باتجاه التجويف البطني، فيزيد بذلك حجم تجويف الصدر وينقص الضغط ضمنه ويبدأ الهواء بالدخول إليه.

وعندما يسترخي الحجاب الحاجز فهو يرتفع للأعلى مقلصا بذلك حجم تجويف الصدر، فيزيد الضغط ضمنه بشكل أكبر منه من الضغط في الوسط الخارجي ويبدأ الهواء بالخروج.

يوجد بين أضلاع عضلات تدعى بالعضلات الوربية (الورب هو المسافة الموجودة بين ضلعين متجاورين) تساعد الحجاب الحاجز في عمله ،وتقسم هذه العضلات إلى مجموعتين هي: العضلات الوربية الداخلية، والعضلات الوربية الخارجية.

تشكل العضلات الوربية الداخلية الطبقة الأكثر عمقاً والتي تعمل على خفض الأضلاع لتضغط بذلك على التجويف الصدري، مما يزيد الضغط بداخله فيخرج الهواء من الرئتين فيما يعرف بعملية الزفير.

توجد العضلات الوربية الخارجية على سطح العضلات الوربية الداخلية، وتعمل على رفع الأضلاع بآلية معاكسة للعضلات الوربية الداخلية مما يؤدي إلى زيادة حجم التجويف الصدري، وبالتالي نقص الضغط ضمنه مقارنة بضغط الوسط الخارجي، ومن ثم يدخل الهواء إلى داخل الرئتين فيما يعرف بالشهيق.


عضلات الشهيق
عضلات الزفير
العضلة الترائيّة
الأخمعيات
المنشاريّة الأصابية
العضلات بين الأضلاع الخارجية
عضلة الحجاب الحاجز
العضلات بين الأضلاع الداخلية
العضلات الصدرية المعترضة
العضلة المائلة الخارجية ( عضلة بطنية)
المستقيمة البطنية Rectus abdominis
العضلة المائلة الداخلية (عضلة بطنية)
hakeem-sy.org