Respiratory system

التنفس: Respiration

التنفس هو عبارة عن عملية فسيولوجية مهمة للكائنات الحية بواسطتها يتم نقل الغازات فتأخذ الخلايا الأوكسجين وتطرد ثاني اكسيد الكربون الزائد.

يستعمل الاكسجين في اكسدة (حرق او أيض)المواد داخل الخلايا وتتحرر الطاقة .وثاني اكسيد الكربون الناتج من اكسدة المواد يتم التخلص من عن طريق التنفس.

عملية التنفس تتضمن المراحل التالية :

أ- تنفس الهواء (**Breathing**) :او تهوية الرئتين (**Pulmonary ventilation**) وتشمل عملتي الشهيق والزفير حيث يتم دخول الهواء للرئتين وخروج ثاني اكسيد الكربون من الرئتين للهواء الخارجي

ب- التنفس الخارجي (**External respiration**) :وتتمثل في عملية تبادل الغازات على اسطح التنفسية من قصبات هوائية او رئات او في الجلد والخياشيم كما في بعض الحيوانات

ج- التنفس الداخلي (**Internal respiration**) : والتي تسمى ايضا بالتنفس الخلوي (**cellular respiration**) تشمل عمليات تبادل الغازات بين الدم والسوائل الدموية وخلايا انسجة الجسم المختلفة ،وعمليات الأكسدة التي تحدث داخل الخلايا وينتج عنها انطلاق الطاقة .

- ❖ يتم تنظيم عملية التهوية والعمليات الأخرى المصاحبة للتنفس عن طريق الجهاز العصبي الذاتي.

التنفس الرئوي

توجد الرئات في بعض اللافقاريات مثل العقارب والقواقع وبعض العناكب وبعض القشريات توجد لديها تراكيب رئوية بسيطة تعرف بالرئات الكتابية (**Book lung**).وهي عبارة عن إنطواءات صفائحية من جدار الجسم موجودة داخل تجويف الغرفة الصدرية غنية بالشعيرات الدموية لكنها ذات كفاءة منخفضة.

لكن الرئات في الفقاريات (عدى الأسماك) ذات كفاءة عليه في التهوية. اذ تحتوى الرئات عدة ملايين من الحويصلات الهوائية (**Alveoli**) وكل واحدة من هذه الحويصلات مزودة بشبكة شعيرات دموية.

الجهاز التنفسي في الثديات Respiratory System of Mammals

أعضاء التنفس في الثديات: Respiratory organs

تشمل اعضاء التنفس التراكيب التالية :

1- الأنف /2- البلعوم /3-الحنجرة /4- القصبة الهوائية /5- القصيبات الهوائية / 6- الرئتين والحويصلات الهوائية 7- اغشية البلورا (الجنبة) .

1- الأنف (Nose):

وهو الجزء الأول من الجهاز التنفسي ويتميز تركيبة الداخلي مبطن بغشاء مخاطي غني بالأوعية الدموية

وظائف الأنف :

1-إدخال هواء الشهيق وتسخينه وترطيبه وتنقيته من الشوائب والجراثيم العالقة به وذلك بمساعدة المخاط الأنفي

2- يقوم الأنف بحاسة الشم وتتركز الحاسة في مستقبلات الشم في الغشاء المبطن للجزء العلوي للتجويف الانفي

3- طرح وإخراج إفراز الغشاء المخاطي والجيوب الأنفية والقناة الدمعية خارج الجسم بواسطة الاهداب.

4- وفي حالة انسداد او اعاقة مجري الأنف فإن الشخص بتنفس عن طريق الفم .

توجد جيوب انفية ملحقة جيبان جبهيان وجيبان وتديان وهي مليئة بالهواء لتخفيف وزن الجمجمة.

2- البلعوم :Pharynx:

يسمى احيانا بالحلق (**Throat**) وهو انبوب عضلي ،تتصل به فتحة الفم الداخلية وفتحتا الأنف الخلفيتان وفتحتا قناتي استاكيوس وفتحة الحنجرة.

يتكون البلعوم من ثلاث اجزاء :

أ-الجزء العلوي الجزء البلعومي الانفي (**Nasopharynx).**

ب- الجزء البلعومي الفمي (Oropharynix) ممر للهواء وللطعام

ج- الجزء السفلي الجزء البلعومي الحنجري (**Laryngopharynix**)

وظائف البلعوم :

1- ممر للهواء من الأنف الى القصبة الهوائية

2- ممرا للغذاء من الفم الى المرئ

3- يعمل كغرفة لنغمة الصوت ونوعيته (**Resonating chamber)**

3- الحنجرة :Larynx

تسمى الحنجرة بصندوق الصوت (**Voice box**) وهي ممر قصير يوصل بين البلعوم والقصبة الهوائية . وهي ذات تركيب عضلي غضروفي يدعم جداره باربعة غضاريف هي :

1- غضروف درقي امامي (**Thyroid cartilage**)

2- وغضروف حلقي سفلي (**Cricoid cartilage**)

3-غضروفان خلفيان (**Arytenoid cartilage**)

تبطن الحنجرة بغشاء مخاطي مهدب للتخلص من العوالق الهواء اداخل وتحركه الى الفم .

4- القصبة الهوائية :Trachea

وهي أنبوبة طويلة نسبيا وواسعة تقع امام المريء وتمتد بين الحنجرة والفقرة الصدرية الخامسة ثم تتفرع الى قصيبتين هوائيتين (**2 bronchi**) (يمنى ويسرى) . وتتميز بكونها مفتوحة دائما لوجود حلقات غضروفية تدعم جدارها شكل حرف (**C**) والجزء المفتوح من الحرف (**C**) يتكون من الياف عضلية ملساء .

القصيبات الهوائية Bronchi :

تنتهي القصبه الهوائية بتفرعها الى فرعين من القصيبات الهوائية الأولية اليمنى واليسرى (**Right and left primary bronchus**) اللتين تدخلا الى الرئتين . كل قصيبة تتفرع داخل الرئة الى شعب ثانوية (**Secondary bronchus**) , تركيب الشعب الهوائية يشبه تركيب القصبة الهوائية إلا ان غضاريفها كاملة الإستدارة. وداخل كل فص من فصوص الرئة تتفرع الشعب الثانوية الى فروع صغيرة متفرعة تعرف بالشجيرة الشعبية (**Bronchial tree**) وتستبدل الغضاريف بصفيحة غضروفية ، وفي الأفرع الأصغر تختفي هذه الصفائح وتعرف تلك بالشعيبات (**Bronchioles**) ويوجد بجدران هذه الشعيبات ألياف عضلية ملساء وتختفي الغضاريف.

5- الرئتان :Lungs

يوجد في الثديات زوج من الرئات مخروطية الشكل تقع في التجويف الصدري ، يفصل بينهما القلب وتفرعات الشعبتين الهوائية. تنقسم كل رئة الى فصوص بواسطة اخاديد.وكل فص يصله فرع من فروع الشعب الهوائية الثانوية . فالرئة اليمنى تنقسم الى ثلاث فصوص (**Lobes**) اما الرئة اليسرى الى فصين . كل جزء من الفصوص يتجزأ الى حجر صغيرة تعرف بالفصيصات (**Lobules**) ويغلف كل فصيص بنسيج ضام مطاطي يحتوى على الأوعية الليمفاوية والوريد والشرايين. وتتفرع داخل الفصوص الشجيرات الشعيبية تعرف بالشعيبات الهوائية تتكون جدرانها من خلايا حرشوفية متباعدة بدلا من الخلايا المكعبة .تبرز من جدار هذه الشعيبات تجاويف صغيرة تشبه الكأس في شكلها ويبطنها خلايا حرشفية ،ويدعمها أغشية مطاطية رقيقة تعرف بالأسناخ الرئوية أو الحويصلات الهوائية (**Alveoli**) تشترك الحويصلات الهوائية في شعبة هوائية او قناة حويصلية تعرف بالكيس الحويصلي او السنخي (**Alveolar sac**). ويبلغ عدد هذه الأسناخ او الحويصلات الهوائية في الرئة عدة ملايين . وحول كل سنخ أوحويصلة هوائية تتفرع شبكة الشعيرات الدموية من الشريان والوريد . حيث تتم عمليات التبادل الغازي بواسطة الانتشار البسيط بين الدم والحويصلات الهوائية عبر جدرها والشعيرات الدموية.

6- أغشية البلورا أو الجنبة: Pleural membranes

تحاط كل رئة بغشاء البلورا وهو غشاء ليفي مصلي ثنائي الطبقة (**parietal pleura** الى الخارج و **visceral pleura** الى الداخل) تتألف كل طبقة من صف واحد من الخلايا الطلائية الداخلية ملتصقة بالرئة والخارجية تواجه القفص الصدري ، وتحصران بينهما التجويف البوري او الجنبي (**Pleural cavity**) يحتوى على سائل المصلي (**Serous fluids**) مما يساعد في عمل سطح انزلاقي للرئتين داخل القفص الصدري.

تهوية الرئة:

وهي كمية الهواء التي تدخل الرئتين في الدقيقة وتتوقف على عاملين :

1- حجم الهواء الشهيق (عمق التنفس)

2- عدد مرات التنفس في الدقيقة او معدل التنفس (**Respiration rate**) .

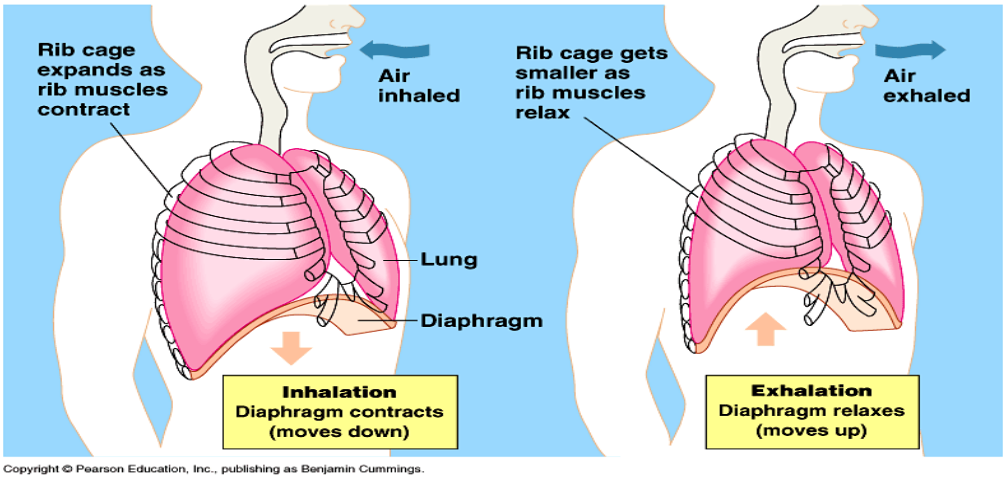
آلية التنفس : Mechanics of Breathing

تحاط الرئتان بالقفص الصدري الذي يتكون من (12زوج) من عظام الاضلاع تربطها بينها عضلات الاضلاع ،وهو مخروطي الشكل له فتحتان العلوية تمر منها القصبة الهوائية والمريء والأوعية الدموية والأعصاب والفتحة السفلية مغلغلة بعضلات الحجاب الحاجز (**Diaphragm**) الذي يفصل التجويف الصدري عن التجويف البطني.

آلية التنفس تتم خلال عمليتين متعاقبتين :

1- عملية الشهيق (Inspiration) : وفيها ينقبض الحجاب الحاجز فترتفع الضلوع إلى الأعلى ، وبذا يتسع تجويف القفص الصدري مما يجل الهواء يدخل الرئتين نتيجة انخفاض ضغط الهواء داخلهما.وهي عملية ايجابية تحتاج للطاقة

2- **عملية الزفير (Expiration) :** حيث تنبسط عضلات الضلوع وتعود هي و الحجاب الحاجز لوضعها ، فيقل حجم التجويف الصدري مما يجعل الرئتين تطرد الهواء للخارج . وهي عملية سلبية تتم بدون أي جهد عضلي ولا تحتاج للطاقة.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

تبادل غازات التنفس: Exchange of respiratory Gases

عند امتلاء الرئتين، ينتقل الأكسجين من الحويصلات الهوائية عبر سوائل الأنسجة البينية ثم الى الدم ومنه الى خلايا الأنسجة . اما ثاني اكسيد الكربون فهو بسلك عكس الإتجاه من الخلايا الى السوائل البينية ثم للدم ومنه الى الحويصلات الهوائية بالرئتين عن طريق خاصية الانتشار البسيط (**Simple Diffusion**):

عملية تبادل الغازات سريعة نظرا لكبر مساحة سطح التبادل ورقة الجدار الخلوي الفاصل للحويصلات الهوائية الأسناخ وبين الدم لا يتجاوز خليتين حيث تستغرق العملية الواحد اقل من ثانية وعلى هذا فإن الدم الشرياني الذي يترك الرئتين يكون الضغط الأوكسجيني وثاني اكسيد الكربون فيه 100 ، 40مم زئبق على التوالي.

أما في الأنسجة فيحدث العكس أي ان الأكسجين ينتقل من الدم الى لخلايا لان الضغط الأكسجيني في الدم اعلى من في الأنسجة ، بينما ثاني اكسيد الكربون ينتقل من الخلايا الى الدم لان ضغط ثاني اكسيد الكربون اكبر في الخلايا عنة في الدم.

الجهاز التنفسي في الطيور Respiratory System of Birds

يقوم الجهاز التنفسي بإمداد الجسم بالأكسجين وتخليص الدم من ثاني أكسيد الكربون ، مما يسمح بحدوث التمثيل الغذائي الطبيعي علي مستوي الخلية . وتحدث التهوية داخل الرئة مع حدوث عملية التبادل الغازي في الشعيرات الرئوية Pulmonary Capillaries بالاشتراك مع الجهاز القلبي الوعائي Cardio-Vascular System الذي يقوم بنقل الأكسجين إلي خلايا الدم أثناء مروره عبر جدار الشعيرات الهوائية .

تركيب الجهاز التنفسي :

يختلف تركيب الجهاز التنفسي في الطيور عن الحيوانات الفقارية الأخرى بصورة واضحة وخاصة الرئة وامتداداتها إلا أن الوظائف العامة واحدة ، وبصورة عامة تختلف أعضاء التنفس في الطيور اختلافاً كبيراً عن نظائرها في الثدييات في الاتي:-

1- الرئتين في الطيور صغيرتان مدموجتان وتتصلان بالأكياس الهوائية بالغة الأتساع ذات الجدران الرقيقة وكذلك تتصل بالفراغات الهوائية بين الأحشاء الداخلية بل تتشعب إلي داخل عظام الأطراف والجمجمة . ويجدر الإشارة إلي أن وجود الفراغات الهوائية في جسم الطائر يسبب خفة وزنه إلي درجة محدودة ، فإن الطائر يحتاج جهازاً هضمياً كبيراً وكليتين وغيرها من الأعضاء ومجرد إضافة أكياس هوائية إلي التجويف البطني لا يعني جعل الطائر أخف وزناً فسواء تخلصنا من هذا الهواء أو حتى ضاعفنا حجمه فإن وزن الطائر سوف يظل كما هو وعلي العكس من ذلك فإن نخاع العظم إذا استبدل بحجمه من الهواء فإن العظام تعتبر أخف وزناً لذلك فإن العظام المملؤة بالهواء هي التي تجعل الطائر أخف وزناً وليس الفراغات الهوائية الأخرى بالجسم

2- وإذا ما قارنا حجم الجهاز التنفسي في الطيور والثدييات سوف نجد بعض الفروق الملفتة للنظر فحجم رئة الطائر تبلغ حوالي 55% من حجم رئة الحيوان الثديي الذي له نفس حجم الجسم .

3- الأكياس الهوائية في الطائر كبير الحجم حيث تبلغ حوالي 4- 5 أضعاف حجم الرئة بينما الحيوان الثديي ليس له أكياس هوائية لذلك نجد أن الحجم الكلي للجهاز التنفسي للطائر يمثل حوالي ثلاثة أمثال نظيره في الحيوان الثدي المساوي له في وزن الجسم .

4- لا يقتصر الفرق بين الطيور والثدييات علي الأكياس الهوائية فتركيب الرئتين فيها يختلف بصورة جذرية عن بعضهما البعض فبينما نجد أن أدق الشعيبات الهوائية في رئة الثدييات تنتهي بالحويصلات الهوائية فإن نظيرتها في الطيور والتي تعرف باسم الشعيبات الجانبية Parabronchi تسمح للهواء بتخلل نسيج الرئة مما يتيح للهواء المرور خلال الرئة باستمرار وتعرضه لسطح التبادل الغازي في حين أن الثدييات يجب أن يحدث امتلاء للحويصلات الهوائية ثم تفريغها علي التوالي ولعل ذلك من أهم الفروق بين الجهاز التنفسي في الطيور والثدييات ويتوقف عليه أثار فسيولوجية واضحة .

5- القصبة الهوائية للطائر تكون أكبر بكثير من الحيوان الثديي ولعل ذلك يراجع إلي طول الرقبة الواضح في الطائر.

يتكون الجهاز التنفسي من الرئتين والممرات الهوائية من وإلي الرئتين :

(أ) التركيب التشريحي للممرات العليا :

تبدأ الممرات الهوائية العليا من فتحتي الأنف الخارجيتين *External Nares* والفم *Mouth* وتمتد حتى التجاويف الأنفية *Nasal Cavities* والتجاويف الوجنية *Buccal Cavities* وتتصل هذه التجاويف مع البلعوم الفمي *Oropharynx* والحنجرة *Larynx* حتى تمتد إلي القصبة الهوائية *Trachea* التي تتفرع عند عضو الصوت *Syrinx* إلي شعبتين *Two Bronchi* حيث تدخل كل شعبة إلي أحد الرئتين .

(1) الأنف **Nasal**: تقع علي الفك العلوي في نهاية المنقار وتتصل بالتجاويف الأنفية التي تفتح في سقف الحلق .

(2) المزمار **Glottis:** وهو يوجد خلف قاعدة اللسان مباشرة وفي الوسط وهو دائري أو بيضاوي الشكل ذو فتحة علي هيئة شق طولي وفي مقدمته ثنية ذات حلمات وظيفتها منع دخول الغذاء إلي القصبة الهوائية .

(3) الحنجرة العليا **Layrnix** : تقع عند مقدمة القصبة الهوائية وهي بسيطة وليس بها أحبال صوتية .

(4) القصبة الهوائية **Trachea:** وهي عبارة عن أنبوبة جوفاء مرنة طويلة تتكون من حلقات غضروفية أو عظمية مرتبطة فيما بينها بأربطة قصيرة من نسيج ضام والحلقات كاملة والحلقات المتجاورة حوافها متراكبة فوق بعضها البعض مما يحميها من الانطباق ويوفر لها المرونة بما يسمح باستطالتها . وهذه الحلقات في الدجاج عادة غضروفية وفي الطيور المائية والحمام عظمية ، وعند دخول القصبة الهوائية التجويف الصدري تنتفخ القصبة الهوائية مكونة عضو الصوت وبعدها تتفرع إلي فرعين هما الشعبتين الأوليتين *Primary Bronchus* ثم تتفرع إلي شعبة ثانوية *Secondary Bronchus* ثم إلي ثالثة وهكذا تنتشر لتكون شبكة من الأنابيب الشعرية الهوائية .

(5) الحنجرة السفلي *Syrinx* **:** وهي تسمي صندوق الصوت وهي مسئولة عن إصدار الصوت في الطيور وتقع عند تفرع القصبة الهوائية إلي الشعبتين الأوليتين ويساعد علي قوة الصوت حجم الهواء في الأكياس الهوائية .

(ب) الرئتين Lungs :

تعتبر الرئة lung تركيب صلب غير إسفنجي لونها أحمر فاتح وهي أقل مرونة من رئة الفقاريات الأخرى ولا تقومان بتخزين الهواء كما في سائر الفقاريات وتلتصقان من الناحية الظهرية والجانبية بشدة بعظام العمود الفقري والضلوع من الثاني إلى السادس بدرجة تجعل السطح الظهري للرئة يبدو محززا من أثر التصاقه بالعظام المذكورة. والرئتين ليستا حرتا التعلق والحركة لذلك فهما لا يتمددان.

وينبثق من الرئة الأكياس الهوائية air sacs وهي أكياس رقيقة الجدران حيث تشغل معظم تجاويف الجسم الغير مشغولة بالأحشاء وتمتد منها زوائد إلى داخل عديد من تجاويف العظام الطويلة ويختلف حجم الغازات الموجودة في الرئة والأكياس الهوائية حسب نوع وعمر الطائر.

وتعتبر الرئتان العضو المسؤول عن التبادل الغازي في الجهاز التنفسي مع ملاحظة أنه لا يحدث تمدد أو انقباض أثناء الدورة التنفسية respiratory cycle وذلك أثناء دخول وخروج الهواء خلال الأكياس الهوائية.

(ج) الأكياس الهوائية Air sacs:

عبارة عن أكياس غشائية عديمة العضلات ونادرا ما يوجد بها أوعية دموية وهي تعتبر امتدادات للشعيبات الهوائية وهى تعوض عدم قدرة الرئتين على التمدد وجدرانها غشائية غاية في الرقة بحيث يصعب تميزها عند التشريح وهي تتواجد بين العضلات وحول الأحشاء في أجزاء مختلفة من الجسم وسعتها الإجمالية تبلغ عدة أضعاف حجم الرئتين.

والأكياس الهوائية بصفة عامة متماثلة في الشكل والنظام في جميع الطيور فيما عدا بعض الاختلافات الطفيفة بين الأجناس المختلفة. وعدد الأكياس الهوائية الرئيسية هو تسعة أكياس حيث يوجد أربعة منها زوجية متماثلة على كل من الجانبين والكيس الهوائي التاسع مفرد.

وهي:

1- كيسان هوائيان عنقيان cervical air sacs

2- الكيس الترقوي interclavicular air sac

3- الكيسان الصدريان الأماميان anterior (cranial) thoracic air sacs

4- الكيسان الهوائيان الصدريان الخلفيانposterior (caudal) thoracic air sacs

5- كيسان هوائيان بطنيان abdominal air sacs وتعتبر أكبر الأكياس حجما وتمتد من الرئتين وحتى فتحة المجمع**.**

جميع الأكياس فيما عدا الكيس الهوائي العنقي لها عند اتصالها بالشعب الهوائية فتحتان حيث أحد الفتحتين خاصة بدخول الهواء والفتحة الأخرى خاصة لخروجه وأما الكيس الهوائي العنقي فله شبه صمام يقفل أثناء الشهيق ويفتح أثناء الزفير.

تقوم الأكياس الهوائية بالعديد من الوظائف أهمها:

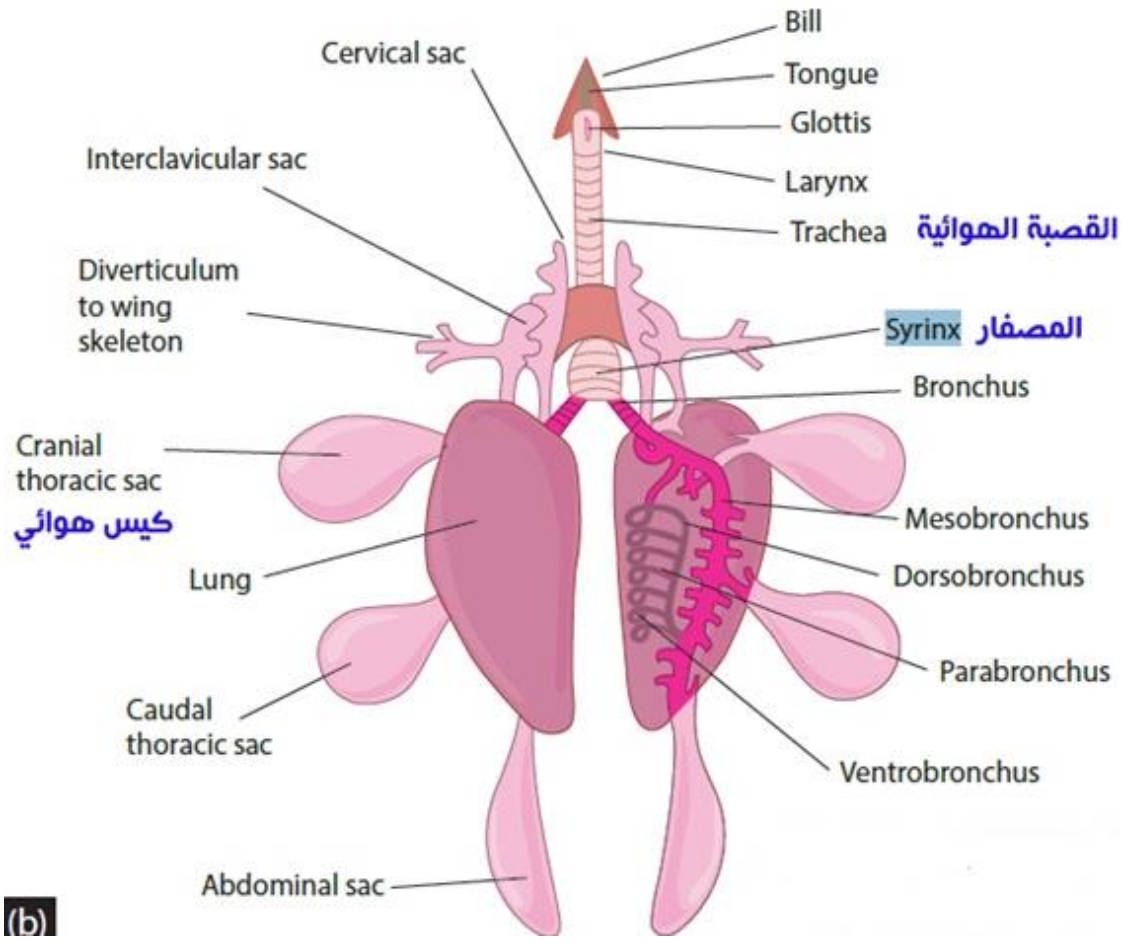
1- امتلاء الأكياس الهوائية بالهواء يزيد حجم الجسم ويسهل الطيران وكذا الحركة في الماء د للطيور المائية.

2- دخول الهواء البارد في الجسم يؤدي إلى تلطيف درجة حرارته ومقاومته لارتفاع درجة حرارة البيئة في الحدود المعقولة.

3- بامتلاء الأكياس الهوائية وبخاصة الأكياس البطنية فإنها تضغط على الأمعاء وتساعدها في التخلص من الفضلات.

4- تساعد الأكياس الهوائية الطيور على حفظ توازنها أثناء الطيران وتعمل على تقليل عدد مرات التنفس إلى أقل درجة ممكنة.

5- في الطيور المائية والتي تعتاد الغطس تحت الماء يعمل هذا الاحتياطي الكبير من الهواء على تنظيم عمليات تبادل الغازات تحت سطح الماء ويكفي أن نعلم أن حجم هواء الشهيق في البط يبلغ 12-15 ٪ فقط من حجم الأكياس الهوائية.



الجهاز التنفسي في الاسماك العضمية Respiratory System of Fish

تمتلك السمكة جهازا تنفسيا يقوم بامتصاص الاوكسجين المذاب في الماء لذا يعتبر معقدا لاختلافة عن بقية الاحياء الاخرى ويتكون الجهاز التنفسي من

أ- **الاقواس الغلصمية Gill arches** // وهي عبارة عن اقواس عظمية عددها خمسة في كل جانب من جانبي الجسم تقع تحت الغطاء الغلصمي وتتصل الاقواس الغلصمية بقحف الجمجمة من الاعلى وبقاعدة اللسان من الاسفل.

ب- **الامشاط الغلصمية Gill rakers** // يحتوي كل قوس غلصمي (ما عدا القوس الخامس) على نتوءات عظمية دقيقة تقع في الجهة الامامية تعمل الامشاط الغلصمية على وقاية الخيوط الغلصمية الدقيقة من المواد الموجودة في الماء الداخل الى التجويف الغلصمي , ولها علاقة بطبيعة التغذية .

ت- **الخيوط الغلصمية Gill filaments** // وهي خيوط تقع على الاقواس الغلصمية من الجهة الخلفية وهي تمثل مركز التبادل الغازي في الاسماك حيث تحتوي الخيوط الغلصمية على اوعية دموية تنقل الدم من الجسم الى الغلاصم وبالعكس وتكون مزودة بعدد من الطيات لزيادة سطح التبادل الغازي .

كيفية حدوث عملية التنفس في الاسماك :

يدخل الماء الى التجويف الفمي عن طريق الفم المفتوح ثم تتقلص العضلات الفمية بضمنها العضلة الدافعة ويتمدد التجويف الفمي ويؤدي الى دفع الماء , وبعدها يتمدد الغطاء الغلصمي واندفاع الماء من التجويف الفمي الى الغلاصم فتنغمر الغلاصم بالماء وتتم عملية التبادل الغازي فياخذ الدم الاوكسجين ويطرح ثاني اوكسيد الكاربون الى الماء ثانية ويستمر الماء بالحركة ليخرج من فتحة الغطاء الغلصمي وتعاد العملية نفسها .

ان الاسماك كبقية الفقريات يحوي دمها على خلايا حمراء ذات قابلية عالية على حمل الغازات وان الوحدة الحجمية الواحدة من الدم يمكن ان تحتوي على كمية من الاوكسجين تعادل 15-25 مرة ما يمكن ان يحمله الحجم نفسة من الماء , بعض انواع الاسماك قد تتكيف لتنفس الهواء الحر لمواجهة نقص الاوكسجين المذاب في بيئتها المائية , وهناك انواع من الاسماك الرئوية تتنفس الهواء الحر.