Respiratory System

Part 2

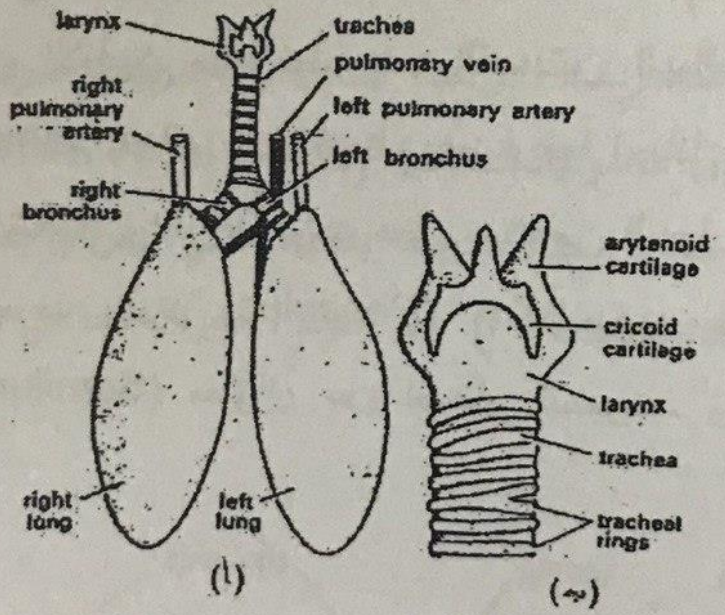
الحنجرة Larynx

(1). البرمائيات

يفتح المزمار الى الحنجرة (Larynx) التي تعرف ايضاً بصندوق الصوت (Voice Box) . تجهز الحنجرة بغضروف حلقي (Cricoid Cartilage) وغضروفين ذات شكل ابريقي (Arytenoid Cartilages) تمنع الحنجرة من الانطواء (شكل 7- 9) . ويوجد في حنجرة الضفدع زوج من الحبال الصوتية. كما يوجد في الذكور زوج من اكياس صوتية (Vocal Sacs) تعمل كمضخم للصوت حيث تنبعث منها اصواتاً عند حركة الهواء بينها وبين الرئتين وهذه الاصوات تعرف بنقيق الضفادع (Croaking Sound). ويمكن للحيوان اصدار اصوات وهو تحت الماء من خلال مرور الهواء ما بين الرئتين وهذه الاكياس وذلك عندما يكون المنخران الخارجيان مغلقين .

(2). الزواحف

يفتح المزمار الى حنجرة بدائية محاطة بغضروف حلقي وزوج من الغضاريف الابريقية الشكل (شكل 7- 10). تنعدم الحبال الصوتية في بعض الزواحف مثل السحالي، لكنها جيدة التكوين في الحرباء. وعموماً فأن اغلب الزواحف تكون عاجزة عن اصدار اصوات عدا الفحيح .



شكل (7- 10): (أ) الجهاز التنفسي في احد انواع العظايا من جنس *Uromastix*
(ب) تركيب الحنجرة فيها (عن Juneja , 1994).

(3). الطيور

يفتح المزمار الى حنجرة مختزلة ومسندة بغضروف حلقي مثلث وزوج من الغضاريف الكمثرية المتعظمة جزئياً. ولا توجد حبال صوتية في حنجرة الطيور، لذلك فهي لا تصدر اصواتاً .

وعضو اصدار الصوت في الطيور هو المصفار (Syrinx) او ما يعرف بالحنجرة الصوتية. وهذا التركيب يقع عند نقطة تفرع الرغامى الى قصبتين هوائيتين . وهو على ثلاثة انواع هي:

(أ) القصبي الرغاموي (Bronchotracheal Syrinx)

(ب) القصبي (Broncheal Syrinx)

(جـ) الرغاموي (Tracheal Syrinx)

أ. المصفار القصبي الرغاموي

يتمثل هذا النوع بردهة صغيرة تدعم جدرانها بالحلقات الاخيرة من غضاريف الرغامى والغضروفين الاوليين من غضاريف القصبتين الهوائيتين . وتعرف هذه الردهة، بالطبلة (Tympanum) حيث تتعظم غضاريفها احياناً ، وتبرز من جدرانها الى الداخل طيات غشائية. وغالباً ما يوجد عظم ممتد من الجهة الظهرية الى البطنية داخل الرغامي ، يعرف بالوتد (Pessulus) . كما يوجد غشاء نصف هلالي (Semilunar Membrane) مسؤول عن اصدار الصوت. وهذا النوع هو اكثر المصافير شيوعاً .

ب. المصفار القصبي

يتمثل هذا المصفار بردهة يدعم جدارها بغضاريف قصبية حلقية. ويشكل الغشاء الواصل بين حلقتين غضروفيتين طيات تهتز داخل المصفار كلما تقاربت القصبتان الهوائيتان .

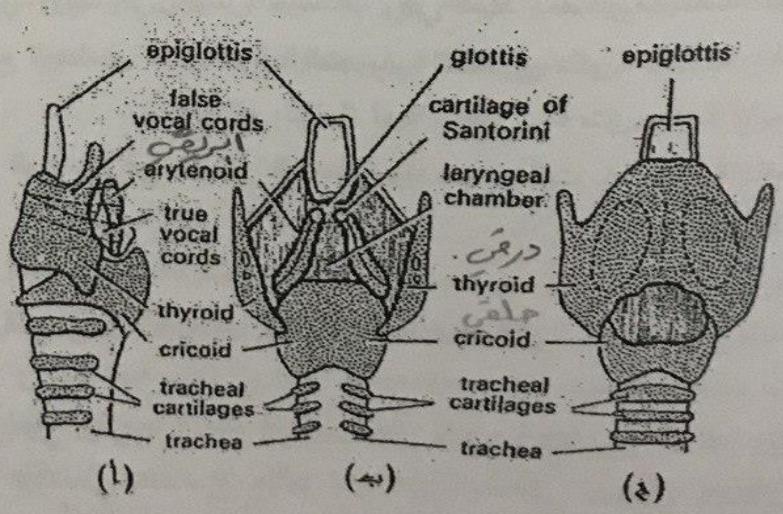
ج. المصفار الرغامى

تختفي اجزاء من غضاريف الرغامى في هذا المصفار لتسمح لجداره الغشائي بالاهتزاز. وبشكل عام تصدر الطيور اصواتها عندما تشد الطيات والاغشية نتيجة تقلص عضلات المصفار ، دافعه الهواء من الاكياس الهوائية الى الخارج عبر المصفار.

(4). اللبائن

يقود المزمار الى حنجرة جيدة التكوين تتميز بوجود غضروف يطلق عليه لسان المزمار (Epiglottis)، اضافة الى الغضروف الحلقي وزوج من الغضاريف الابريقية الشكل والغضروف الدرقي (شكل 7- 11). يمتد الغضروف الدرقي في الانسان الى الجهة البطنية من الحنجرة حيث يتمفصل مع الجهاز اللامي مكوناً ما يعرف بتفاحة آدم (Adams Apple).

ويمتد بين الغضاريف الابريقية الشكل والغضروف الدرقي زوج من الطيات الغشائية تعرف بالحبال الصوتية الحقيقية (True Vocal Cords). ويمتد الى الامام من حبلي الصوت الحقيقيين حبلا صوت بشكل هلالي، يعرفان بحبلي الصوت الكاذبين (False Vocal Cords). وقد تنعدم الاخيرة ، كما في الفيل.



شكل (7- 11): منظر للحنجرة في الارنب (أ) جانبي (ب) ظهري (ج) بطني (عن Kotpal , 1996).

الرغامى Trachea

(1). البرمائيات

تكون الرغامى واضحة في الذيليات وقصيرة جداً في اللاذيليات. اما الغضاريف الرغامية فهي صغيرة وغير منتظمة .

(2). الزواحف

تتباين الرغامى في الزواحف كثيراً، فهي قصيرة في العظايا، و اطول من العنق في السلاحف والتماسيح ، لكنها مسندة بحلقات غضروفية على كامل طولها.

(3). الطيور

تكون الرغامى طويلة ، حتى انها قد تكون أطول من العنق وفي هذه الحالة تلتف وتنطوي في الصدر، وربما في أكياس خاصة. وهي تسند بغضاريف تامة الحلقات قد تكون متعظمة. تتسع الرغامى عند دخولها التجويف الصدري مكونة المصفار .

(4). اللبائن

تتباين أطوال الرغامى في اللبائن المختلفة وتدعم بحلقات غضروفية ناقصة من الجهة الظهرية.

القصبات الهوائية والرئات Bronchi and Lungs

(1). البرمائيات

تتفرع الرغامى في نهايتها البعيدة الى قصبتين هوائيتين قصيرتين تدخل كل منها الى رئة. وتكون الرئة في الضفدع عبارة عن كيس مطاطي بيضوي الشكل رقيق الجدارن ذو حواجز صغيرة تزيد من السطح التنفسي من خلال تكوينها لحجيرات يطلق عليها الحويصلات (Alveoli) (شكل 7- 9). وهذه الحويصلات تكون ذات جدران غزيرة التزويد الدموي ، وكثيرة الغدد المخاطية .

والرئات في الذيليات تكون بشكل كيسين طويلين ، لكن الرئة اليسرى تكون اثرية في البرمائيات عديمة الاقدام ، في حين تكون كلتاهما اثرية في السلمندرات التي تعيش في الجداول سريعة الجريان. وبذلك تكون الرئتين في البرمائيات ليست أعضاء تنفسية فقط ، ولكنها أعضاء توازن مائي حيث يمكن للحيوان ان يطفو بواسطتها.

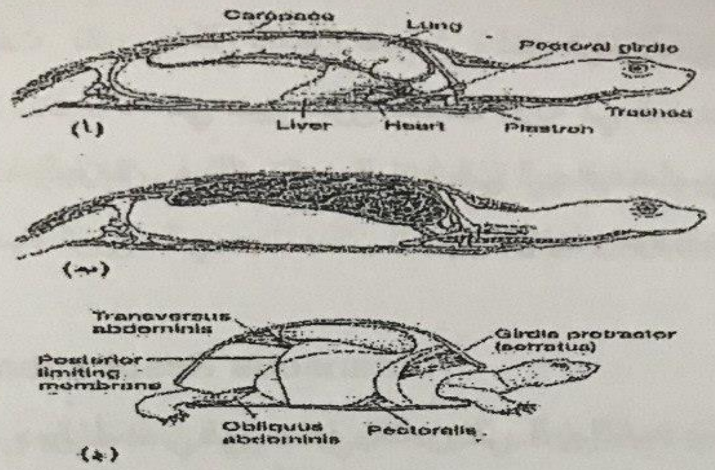
التنفس الجلدي Cutaneous Respiration

يلعب الجلد دوراً أساسيا في عملية التنفس في البرمائيات خصوصاً أثناء فترة السبات من خلال كونه رقيقا جداً وذو تجهيز دموي غزير وغدد مخاطية واسعة الانتشار تقوم بترطيب الجلد ، فضلا عن وجود حليمات اصبعية في البعض والتي تعمل كأعضاء تنفسية إضافية .

يتم تبادل الغازات من خلال عملية الانتشار، ويساعد في انتقال الأوكسجين وجود الصبغات التنفسية. وهذه الطريقة في التنفس قد تكون الوحيدة في الحيوان فهناك من البرمائيات ما تعتمد عليها كلياً في حصولها على الأوكسجين ، كما هو الحال في بعض أنواع السلمندرات التي تنعدم فيها الرئات والخياشيم .

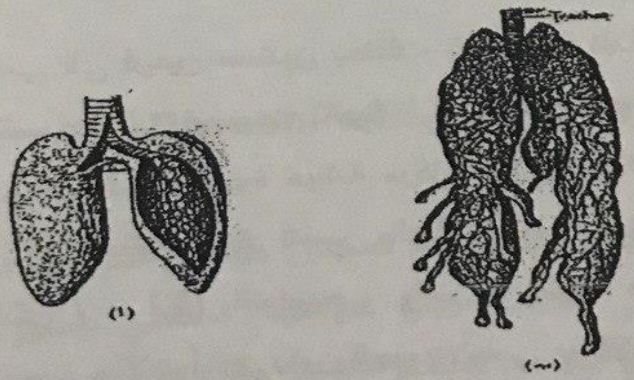
(2). الزواحف

تتفرع الرغامى الى فرعين مسندين بحلقات غضروفية تامة يدخل كل منها الى رئة ، ولا تتفرع القصبات الى قصيبات ثانوية في بعض العظايا. وقد تتضمن الرئة في الحيات ومعظم السحالي ، حجرة هوائية مركزية تفتح فيها اسناخ (Faveoli) ذات جدران رقيقة لكنها وعائية . وقد تنقسم الرئة ثانويا بحواجز داخلية اصغر كما في السلاحف (شكل 7- 12) والتماسيح ، والتي قد تظهر في الثلث الخلفي فقط كما في الافاعي . وفي حالات أخرى يكون الجزء الأمامي هو الاكفأ من خلال انقسام الرئة الى ردهات اصغر فأصغر ، كما في بعض العظايا .



شكل (7– 12): الجهاز التنفسي في السلحفاة. (أ) موقع الرئة (ب) منظر مقطعي في رئة (ج) العضلات التنفسية الموجودة في رئة بعض السلاحف الارضية والتي تلعب دوراً في ميكانيكية التنفس (عن Kardong ,2019).

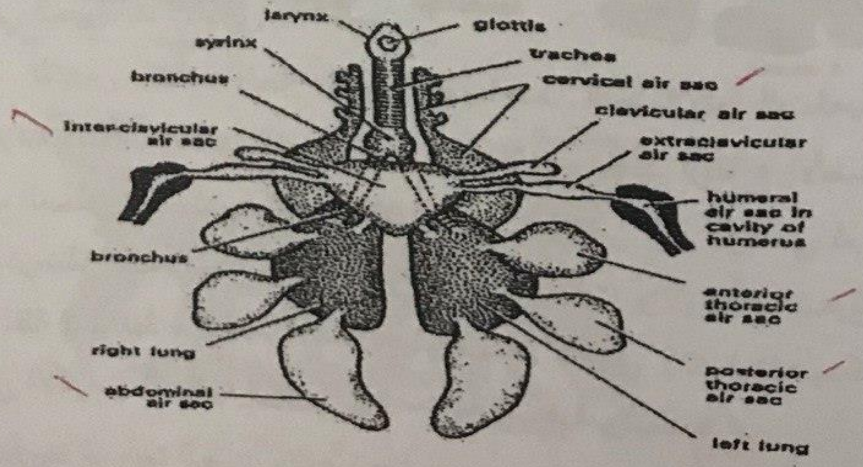
وقد تكون لبعض الافاعي قصبة واحدة ورئة واحدة ، او يمتد ردب كبير من الرئة اليسرى الى الرقبة ليعمل على انتفاخها عند امتلائه بالهواء كما في الحية النافخة (Puffing adder) . وفي بعض انواع الحرباء هناك اكياس هوائية تمتد بين الاحشاء (شكل 7– 13) .



(3). الطيور

ينقسم الرغامى الى قصبتين تكون مدعمة بحلقات غضروفية تامة تدخل كل منها الى رئة من جانبها البطني تدعى ، بالقصبة الاولية (Primary Bronchus). وهذه القصبة لا تتفرع بل تستمر حتى النهاية البعيدة حيث تنتهي بالاكياس الهوائية الخلفية ، وحينها تدعى بالقصبة المتوسطة (Mesobronchus). وتكون هذه القصبة اثناء مرورها بالرئة عدة قصيبات ثانوية (Secondary Bronchi) جانبية ينقسم بعضها بدوره الى قصيبات ثالثية (Tertiary Bronchi) او جنب قصيبية (Parabronchi) . وتفتح في جدران هذه القصيبات اوعية شعرية هوائية (Air Capillaries). وهذه الاوعية تبطن بغشاء تنفسي وعائي يكون على تماس مع الاوعية الشعرية الدموية للرئتين حيث يحدث التبادل الغازي.

وهناك في كل رئة خمسة قصيبات ثانوية لا تنقسم وانما تمر عبر جدران الرئة الى اكياس هوائية (Air Sacs) كبيرة يبلغ عددها في الحمام تسعة (شكل 7– 14).



والكيس الهوائي عبارة عن تركيب غشائي كبير ورقيق الجدران وغير وعائي ولا يحتوي على العضلات ، ولذلك لا يحدث فيه تبادل غازي . وهذه الاكياس هي:

I) كيس بين ترقوي (Interclavicular Sac). وينشأ من كل جانب منه كيسان انبوبيان ابطيان (Axillary Sacs) يدخل كل واحد منهما في عظم العضد خلال الفتحة الهوائية .

II) كيسان عنقيان (Cervical Sacs).

III) كيسان صدريان اماميان (Anterior Thoracic Sacs).

IV) كيسان صدريان خلفيان (Posterior Thoracic Sacs).

V) كيسان بطنيان (Abdominal Sacs) .

ميكانيكية التنفس في الطيور

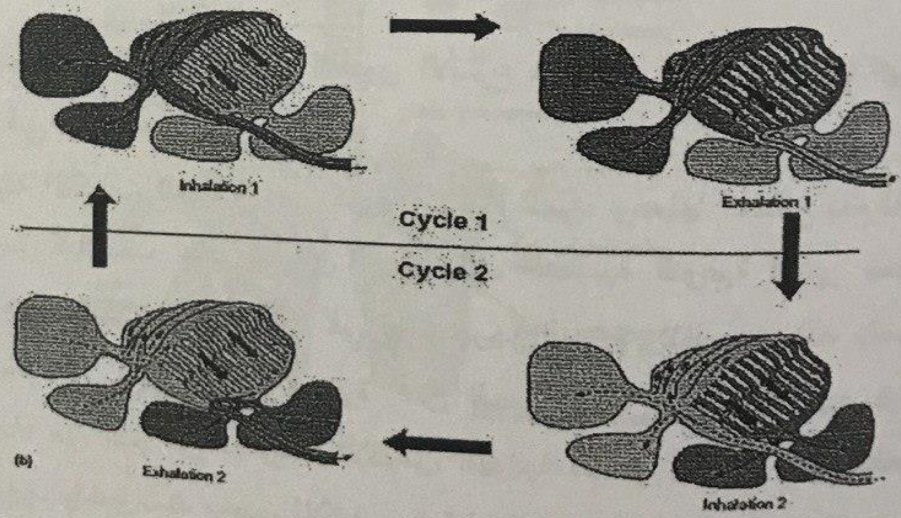
تتميز رئات الطيور بكفاءتها العالية رغم صغر حجمها وعدم قدرتها على التوسع لملاصقة سطحها الظهري للإضلاع والفقرات الصدرية. ويساعدها في أداء عملها، الأكياس الهوائية المتصلة بها، والأرادب التي تخترق تجاويف العظام .

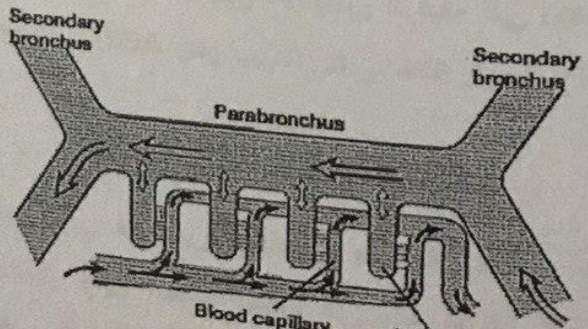
تتصف عملية الزفير في الطيور بكونها عملية نشطة وتحتاج الى بذل طاقة بخلاف ما هي عليه في الحيوانات الأخرى .

تتم عملية التنفس اثناء راحة الطير بمساعدة العضلات الضلعية الرئوية (Costopulmonary Muscles)، او بين الاضلاع . فعند ارتفاع الأضلاع يتسع حجم التجويف الصدري والبطني فيدخل الهواء عبر المناخر الى الرغامى ثم القصبات الأولية او المتوسطة والثانوية ، ومنها الى جنب القصبات والأوعية الشعرية الهوائية وذلك نتيجة لقلة الضغط في الداخل حيث يتم التبادل الغازي . كما تذهب كمية كبيرة من الهواء الى الأكياس الهوائية الخلفية (الصدرية الخلفية والبطنية).

ويتم الزفير بتقلص العضلات الصدرية والبطنية ، فيضيق التجويف الصدري والبطني ضاغطاً على الأكياس الهوائية والرئتين. ونتيجة لهذا الضغط يندفع الهواء من الأكياس الهوائية الخلفية الى الرئتين والأوعية الشعرية الهوائية .

وعند الشهيق الثاني يدخل قسم من الهواء مرة اخرى الى الرئات دافعا المتبقي من الهواء السابق نحو الاكياس الهوائية الامامية (الصدرية الامامية وبين الترقوي)، ويدخل القسم الاخر من الهواء الى الاكياس الخلفية ليعاد ملئها. ومع الزفير الثاني فان الهواء في الاكياس الامامية يخرج مع هواء الرئتين . وبذلك يكون جميع الهواء الداخل قد مر على الأوعية الشعرية الهوائية ، ومن ثم فليس هناك حيزاً ميتاً (شكل 5– 15).





تصبح الاضلاع خلال الطيران غير متحركة لتقوية الجناحين، وبذلك يلجأ الحيوان الى أسلوب آخر في التنفس لا يعتمد على العضلات بين الضلعية والبطنية ، وأنما يتم من خلال الوسائل الاتية:

i. زيادة سعة التجويف الصدري البطني وتقليل حجمه بواسطة حركة العضلات الصدرية اثناء الطيران.

ii. ضغط الاحشاء على الاكياس الهوائية دافعة بالهواء الى الرئتين او سامحة له بالدخول .

iii. حركة عظم القص نحو العمود الفقري او بعيداً عنه.

وبذلك يتجدد الهواء باستمرار. وتكون الطيور الأسرع طيراناً ، أسرع في دورة الهواء والتبادل الغازي في الرئتين.

لا تقتصر وظيفة الأكياس الهوائية على كونها مخازن للهواء وعملها كمنافخ دفع له ، انما تعمل ايضاً كبالونات عند الطيران حيث تقلل الجاذبية النوعية للطير بسبب احتواءها على هواء ساخن . كما تساعد في ثبات درجة الحرارة وتنظيمها وذلك بالعمل على تبريد الجسم من خلال سحب الحرارة من الجسم اثناء التبخر الداخلي حيث ينتشر بخار الماء من الدم الى تجاويف الاكياس الهوائية ثم الى الرئتين ، ويصاحب ذلك فقدان الحرارة. وأخيراً تمتد بعض الأكياس الرقيقة الى داخل العظام مما يقلل من وزنها.

(4). اللبائن

تنقسم الرغامي الى قصبتين هوائيتين مدعمة بحلقات غضروفية تجعل الممر الهوائي مفتوحا دائماً. وكل قصبة تدخل الى رئة (شكل 7- 16) حيث تنقسم الى قصبات ثانوية وقصيبات (Bronchioles) تنقسم عدة مرات لتكون فروعا أدق تعرف بالقنوات الحويصلية (Alveolar Ducts). وهذه القنوات تنتهي بأكياس هوائية صغيرة

ومتسعة تكون جدرانها اكياسا هوائية او حويصلات تتصل مع بعضها، ويحاط كل منها بشبكة من الاوعية الدموية الشعرية. ويساعد في عملية التبادل الغازي، العضلات بين الضلعية اضافة الى الحجاب الحاجز . وعموما فأن هناك بعض الاختلافات فيما يتعلق بالقصبات الهوائية او تفصص الرئتين .