الجهاز التنفسي في الطيور الداجنة
Avian Respiratory System

أعداد

ا.د. احمد طايس طه

قسم الإنتاج الحيواني/ كلية الزراعة / جامعة تكريت

وظائف الجهاز التنفسي Functions of R.S. :-

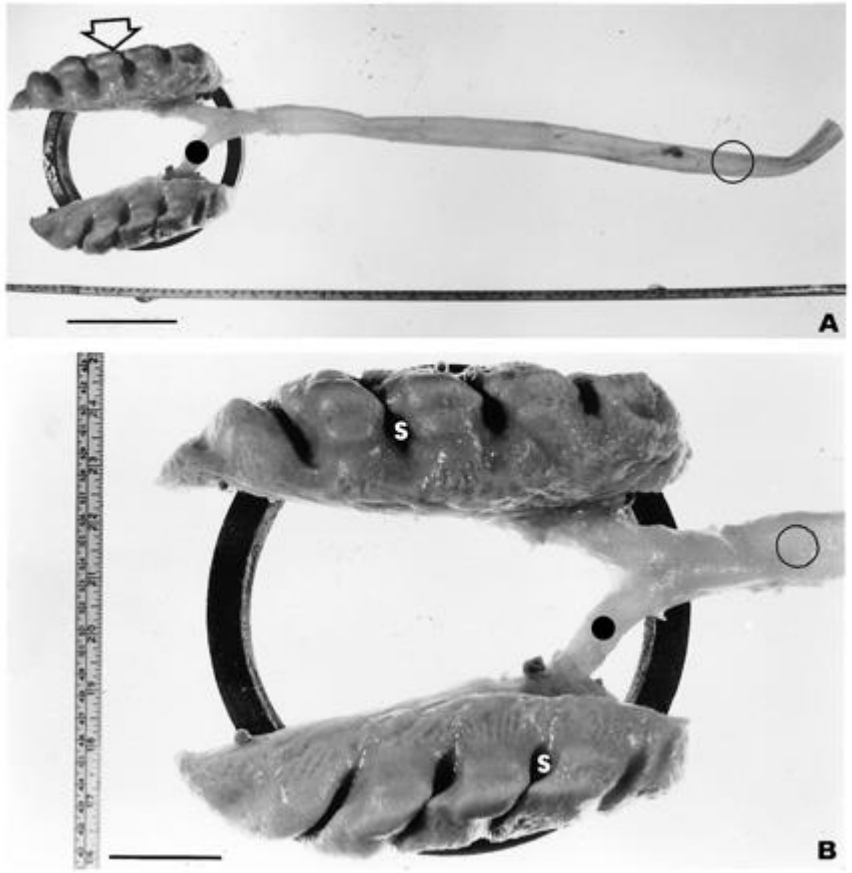
تقسم الوظائف الى :

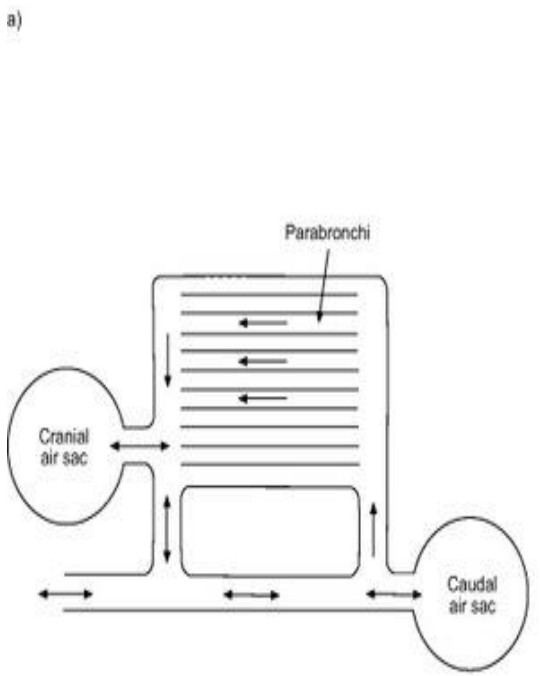
I. رئيسية وهي
   ١. تجهيز الدم بـO2 .
   ٢. التخلص من CO2 .
   ٣. التخلص من حرارة الجسم الفائضة .

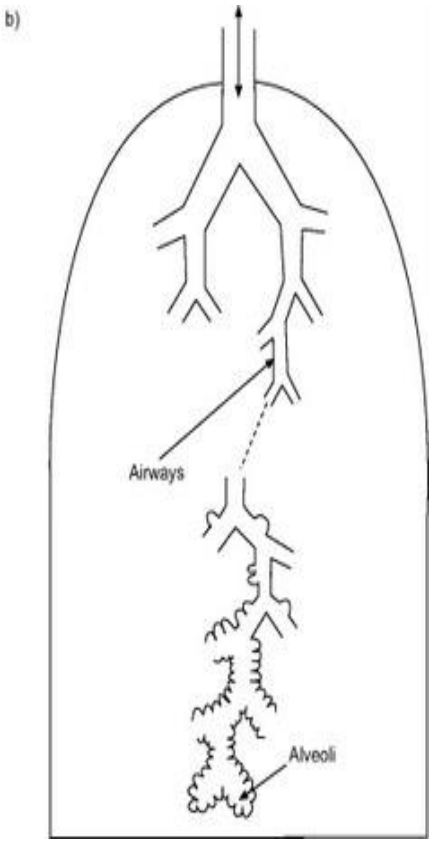
I. ثانوية وهي
   ١. تخليص الجسم من نواتج الايض وازالة سميتها .
   ٢. انتاج السواعي الكيمياوية Chemical Messenger .
   ٣. انتاج الصوت (التغريد) Vocalization .

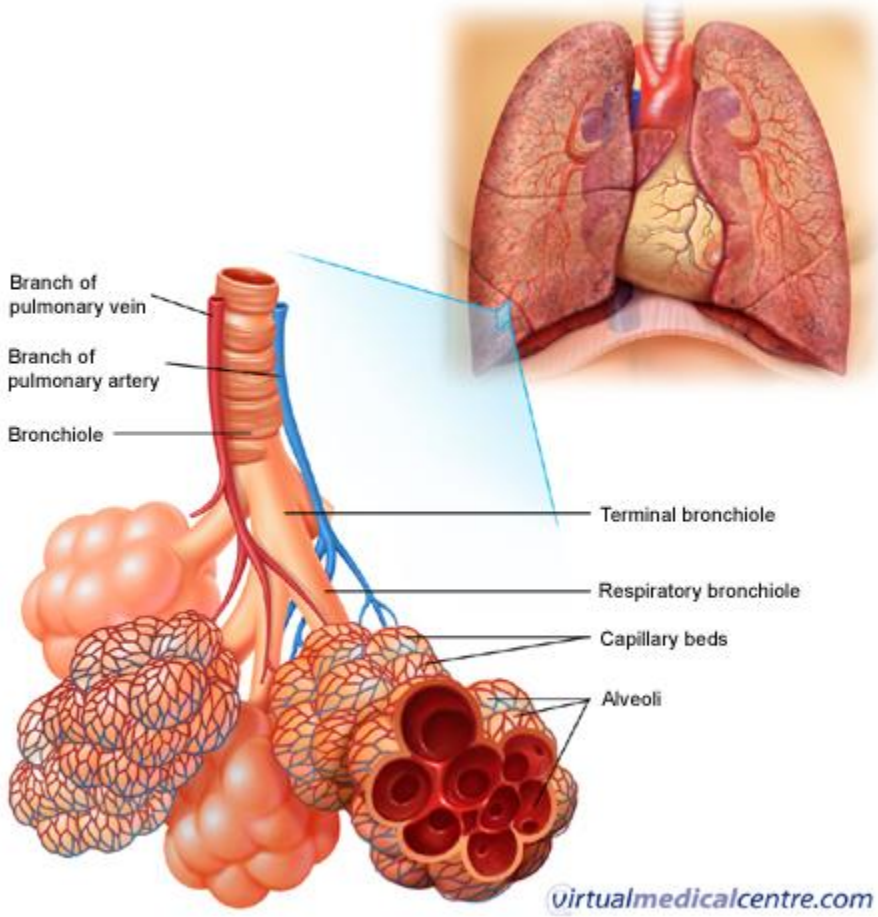
اهم مواصفات الجهاز التنفسي للطيور :-

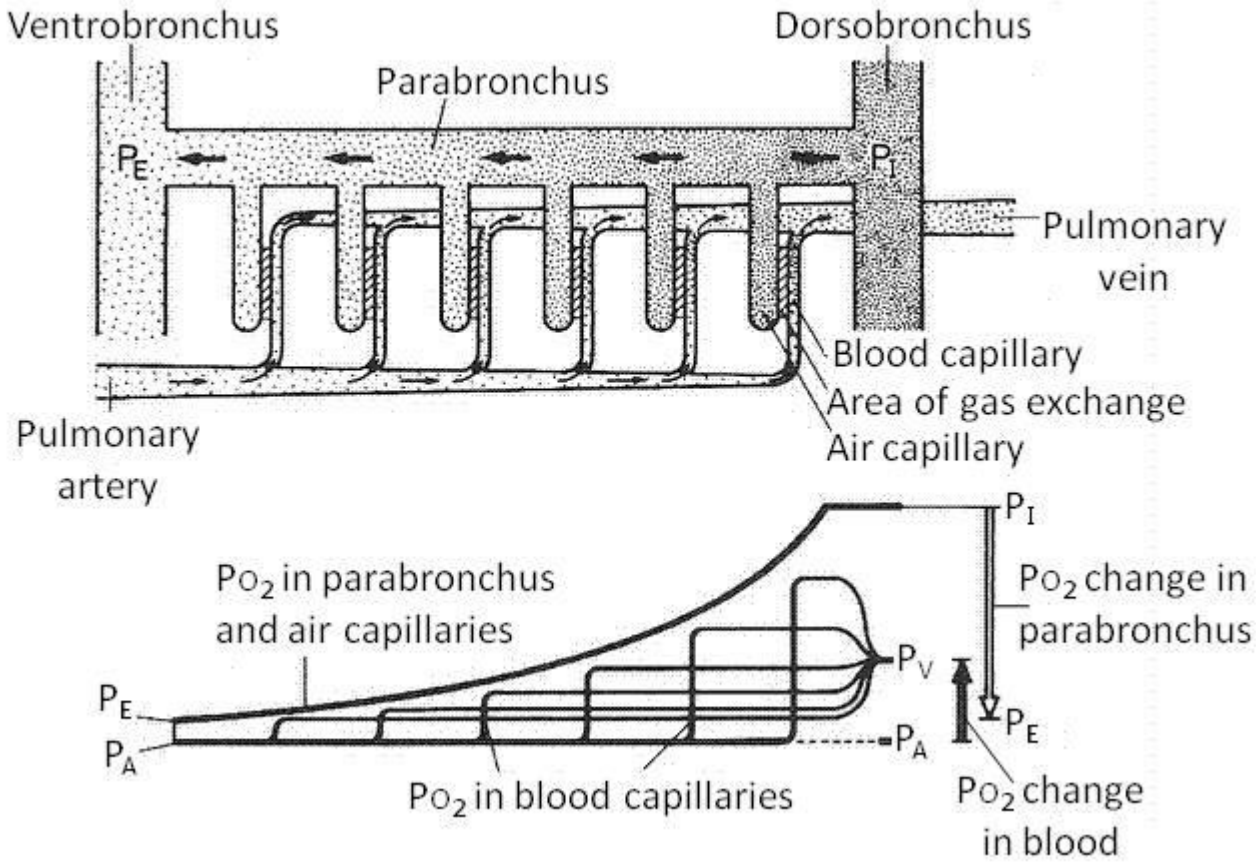
١. رئتان صغيرتان قاسيتان Rigid تتصل بهما اكياس هوائية ذات جدران رقيقة وبعض الفراغات الهوائية الممتدة بين الاعضاء الداخلية وحتى العظام . هذه الفراغات هي التي تقلل من وزن الطير لانها تمتلىء بالهواء .
٢. يعتبر الجهاز معقدا وفعالا ومتكيفا للطيران حيث يتم استهلاك كميات من غاز O2 خلال الطيران تفوق ٨-١٠ مرات ما يستهلك في وضع الراحة .
٣. اصغر تشعب في رئة الطيور هو نظيرة القصبة Parabronchus التي تسمح بمرور الهواء وهي الوحدة الوظيفية الفعالة للجهاز التي تقابلها السنخ او الحويصلة الهوائية Alveolusفي الثدييات .

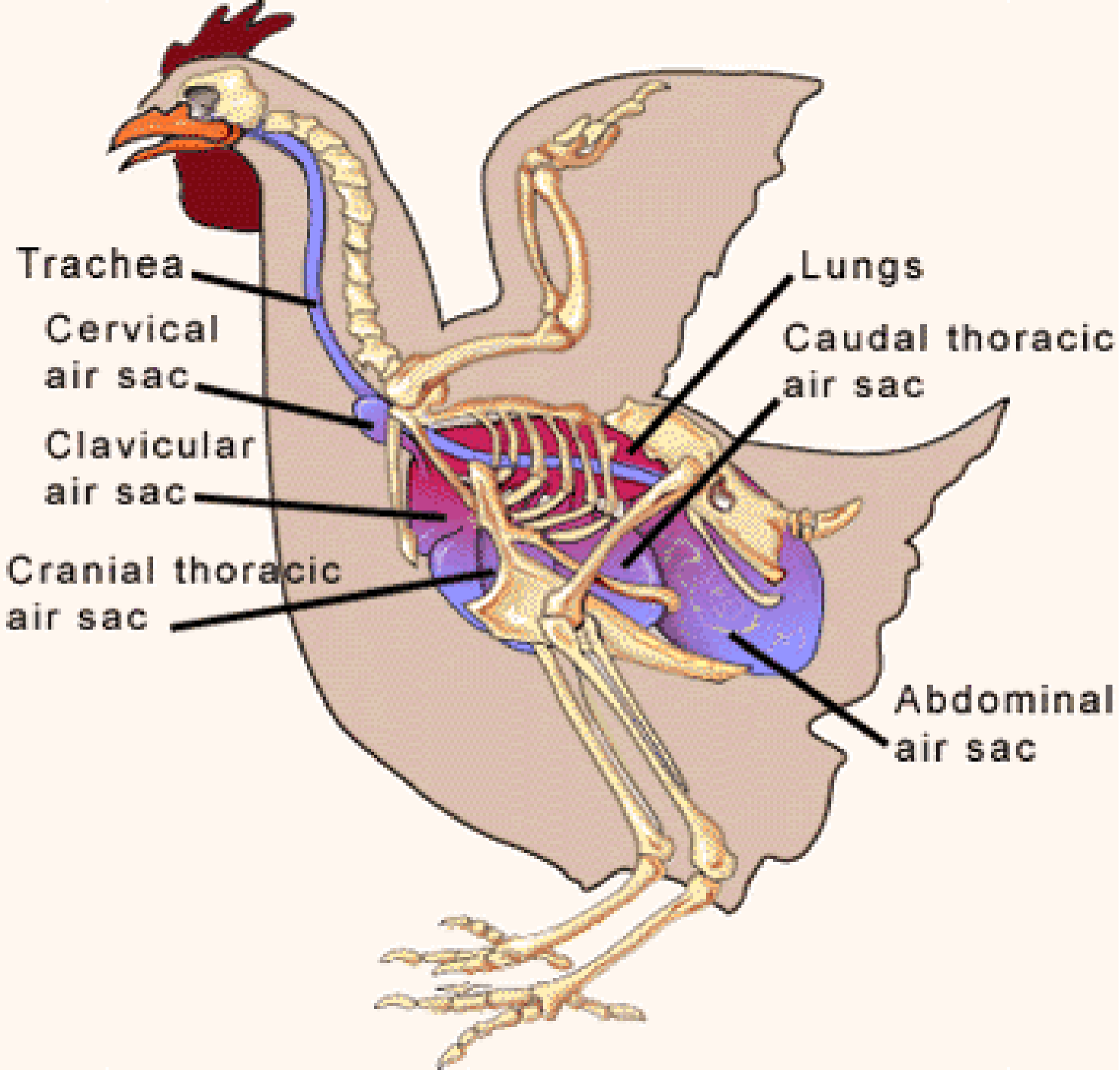


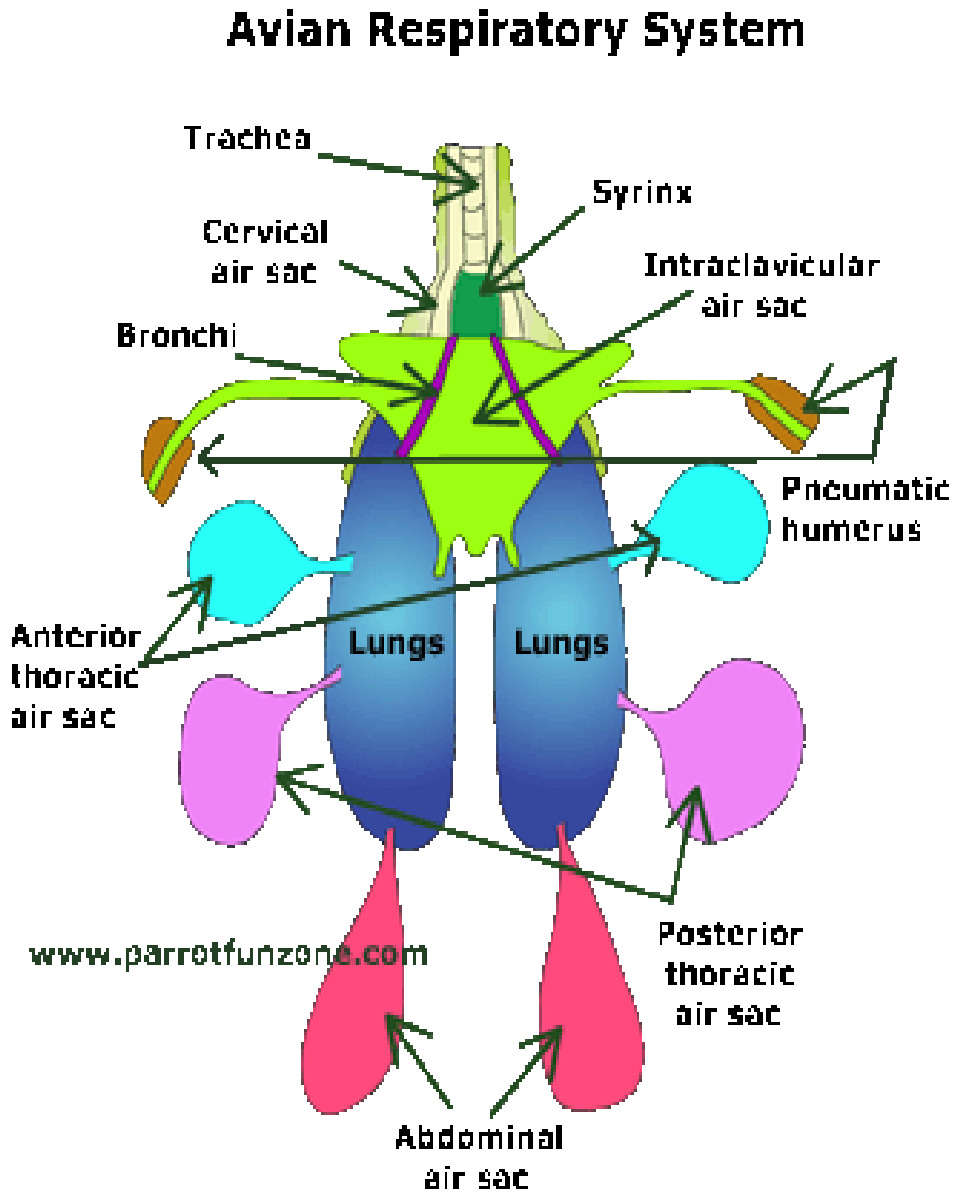





Branch of pulmonary vein
Branch of pulmonary artery
Bronchiole
Terminal bronchiole
Respiratory bronchiole
Capillary beds
Alveoli
virtualmedicalcentre.com


Ventrobronchus
Parabronchus
Dorsobronchus
P_E
P_I
Pulmonary vein
Blood capillary
Area of gas exchange
Air capillary
Pulmonary artery
P_I
Po_2 in parabronchus and air capillaries
Po_2 change in parabronchus
P_V
P_E
P_A
P_E
P_A
Po_2 in blood capillaries
Po_2 change in blood


Trachea
Cervical air sac
Clavicular air sac
Cranial thoracic air sac
Lungs
Caudal thoracic air sac
Abdominal air sac


Avian Respiratory System
Trachea
Syrinx
Cervical air sac
Intraclavicular air sac
Bronchi
Pneumatic humerus
Anterior thoracic air sac
Lungs
Lungs
www.parrotfunzone.com
Posterior thoracic air sac
Abdominal air sac

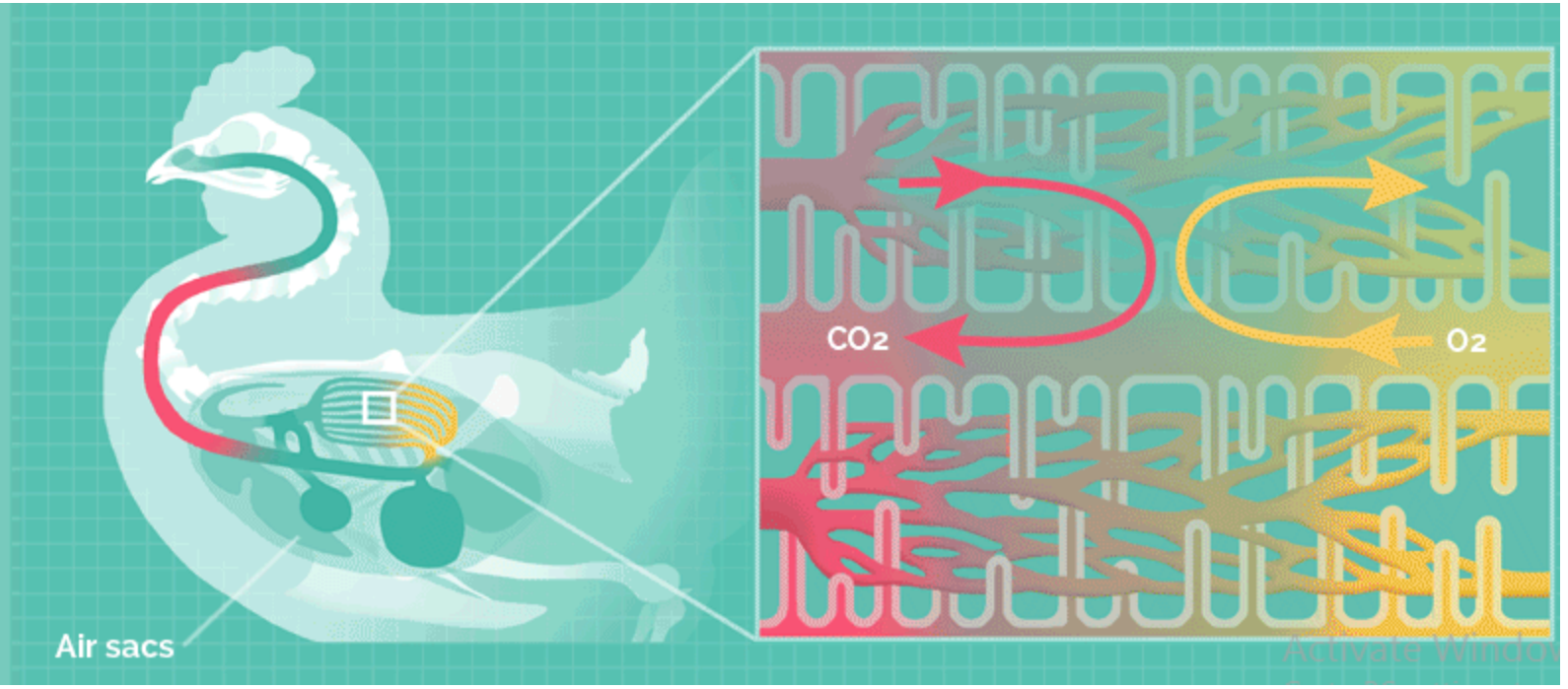
الرغامي او القصبة الهوائية Tracheaيكون حجمه في الطيور اكبر بكثير من الثدييات وعموما حجم الجهاز التنفسي للطيور اكبر بحوالي ٣ مرات من مثيله في الثدييات التي بنفس حجم الطيور .

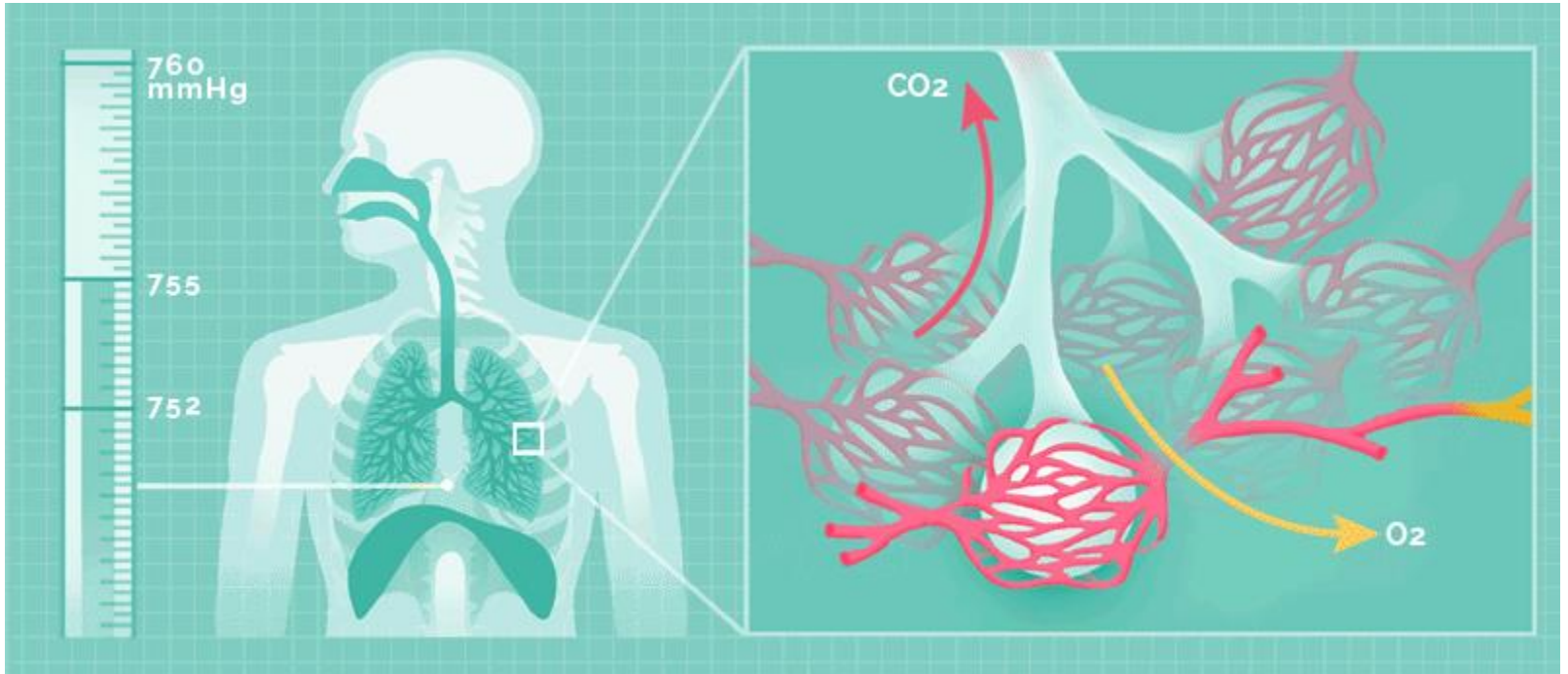
BIRD LUNGS

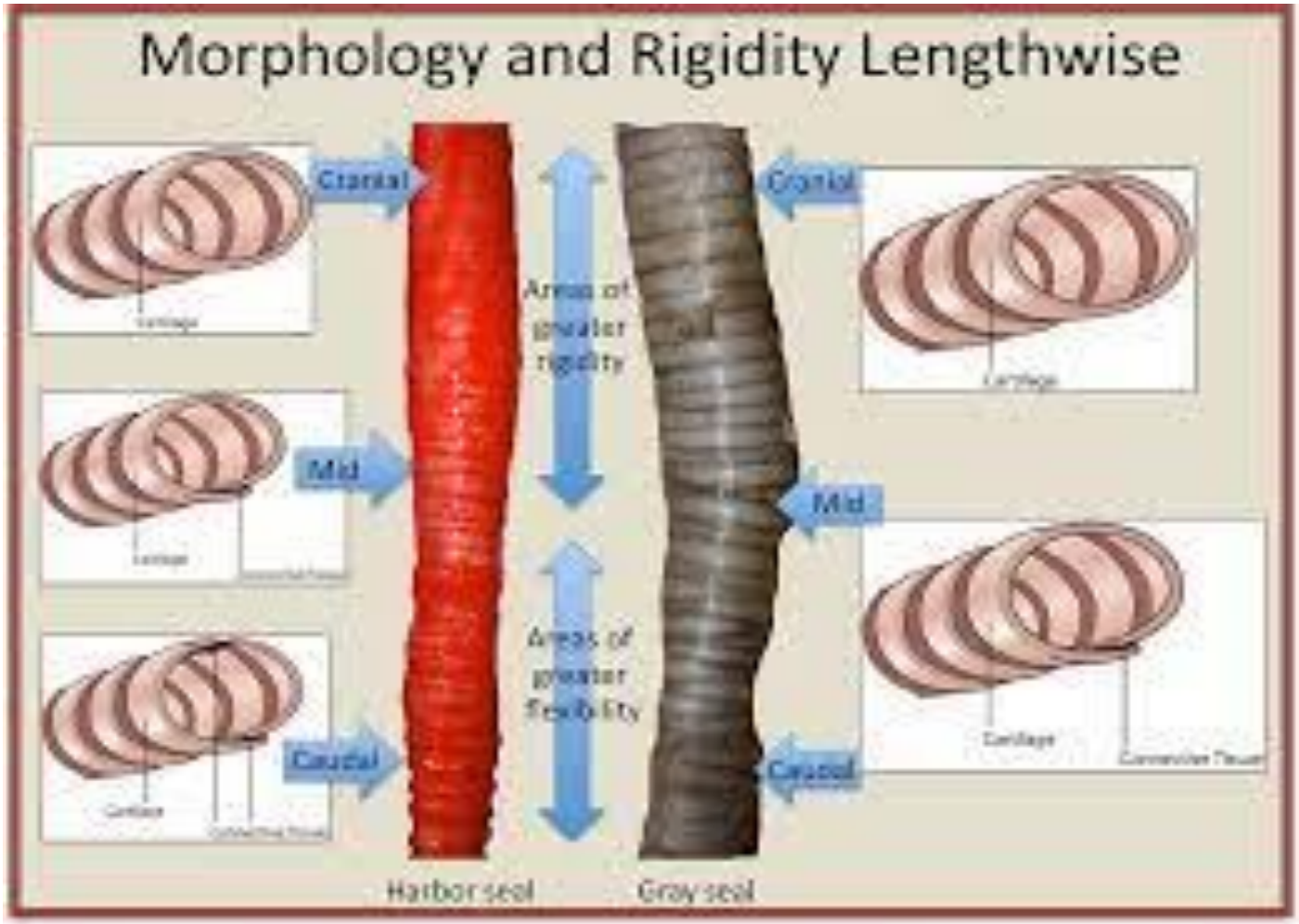
Birds have air sacs that store and pump air through the stationary lungs.

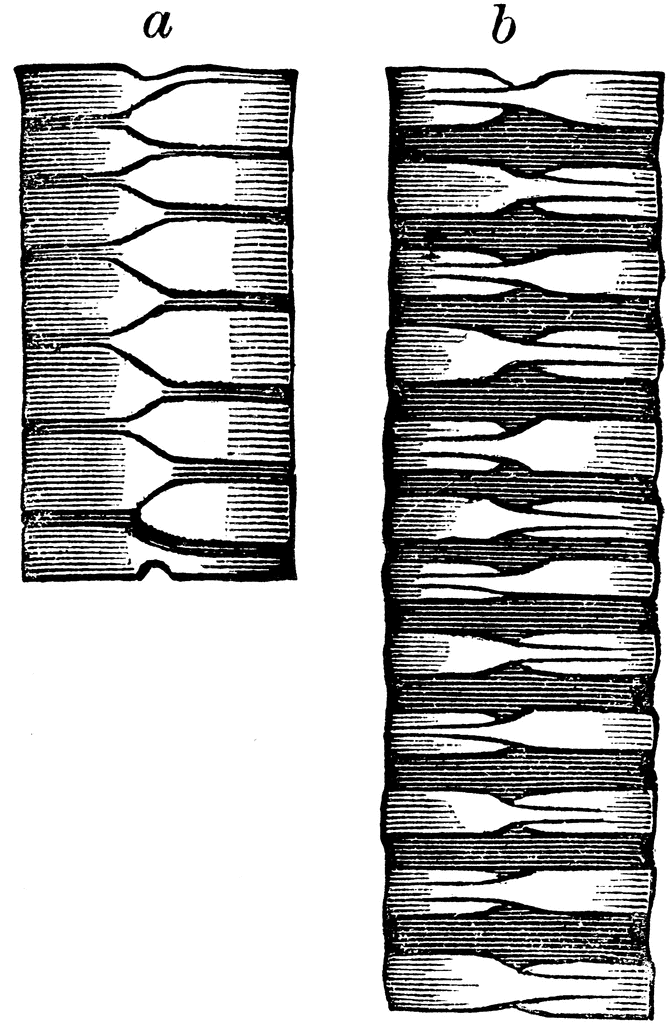
Unlike in mammals, air flows in only one direction through bird lungs. With the help of the air sacs, this allows birds to take in oxygen even during exhalation.

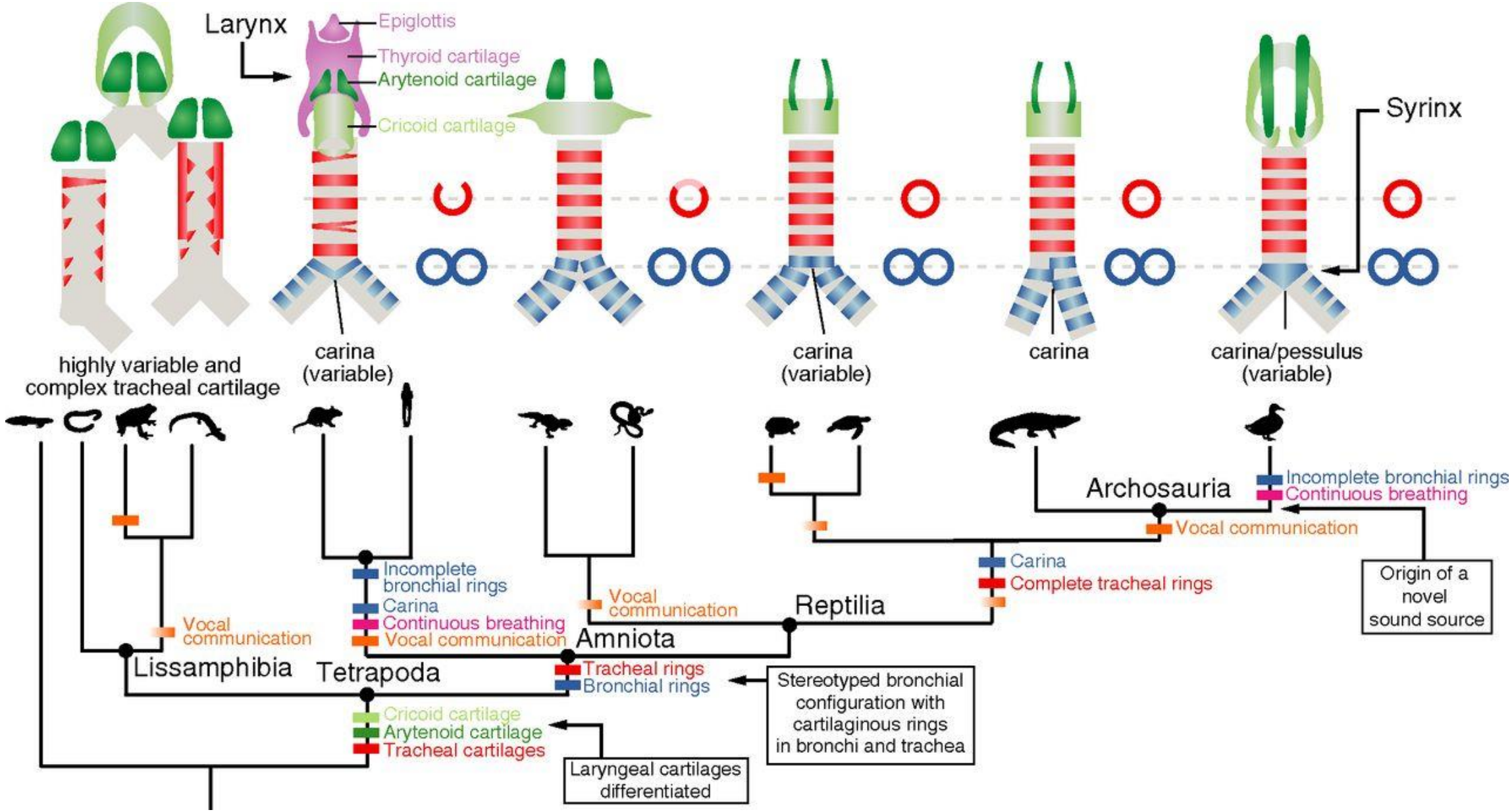
Birds can breathe at much higher elevations than mammals because of their more efficient lung structure.

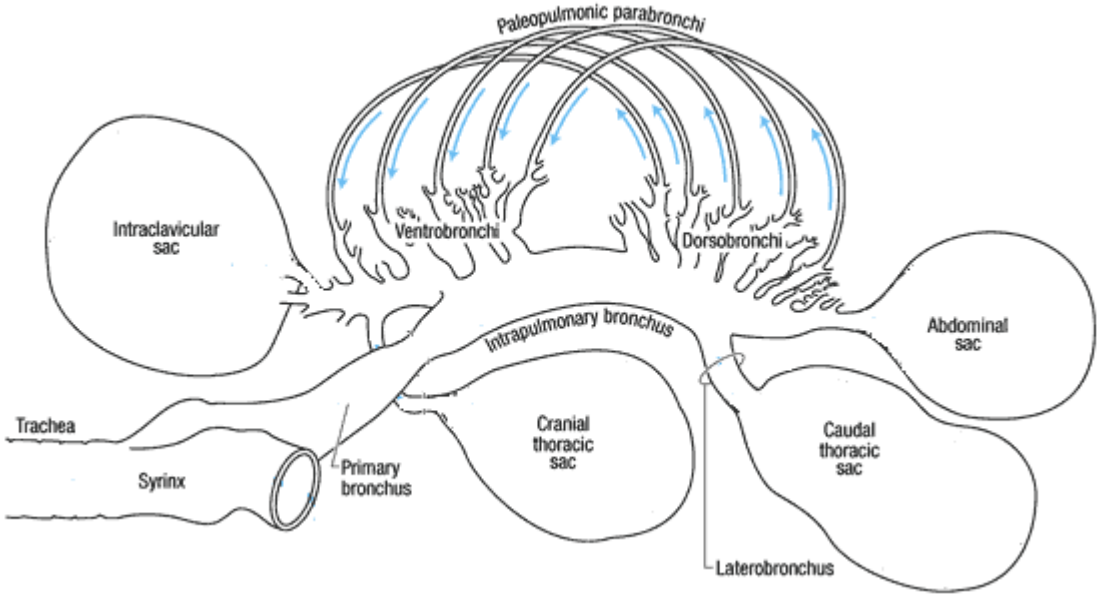





Morphology and Rigidity Lengthwise
Cranial
Mid
Caudal
Cranial
Mid
Caudal
Areas of greater rigidity
Areas of greater flexibility
Cartilage
Connective Tissue
Harbor seal
Gray seal


a
b


Larynx
Epiglottis
Thyroid cartilage
Arytenoid cartilage
Cricoid cartilage
Syrinx
highly variable and complex tracheal cartilage
carina (variable)
carina (variable)
carina
carina/pessulus (variable)
Archosauria
Incomplete bronchial rings
Continuous breathing
Vocal communication
Origin of a novel sound source
Carina
Complete tracheal rings
Reptilia
Vocal communication
Incomplete bronchial rings
Carina
Continuous breathing
Vocal communication
Amniota
Vocal communication
Lissamphibia
Tetrapoda
Tracheal rings
Bronchial rings
Stereotyped bronchial configuration with cartilaginous rings in bronchi and trachea
Cricoid cartilage
Arytenoid cartilage
Tracheal cartilages
Laryngeal cartilages differentiated



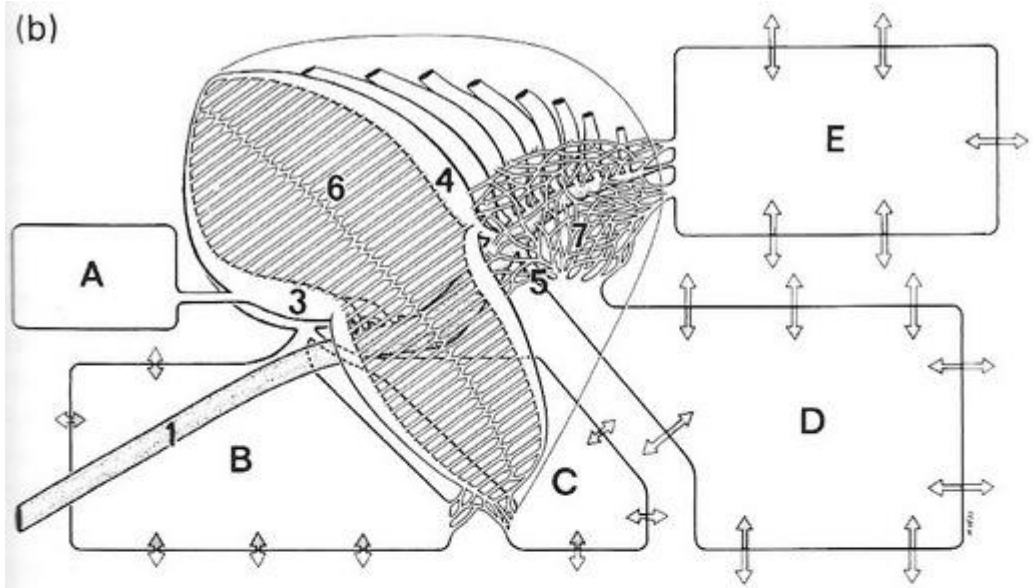
ويتالف الجهاز القنوي او التشعب الهوائي لرئة الطيور من الاجزاء الرئيسية التالية :-

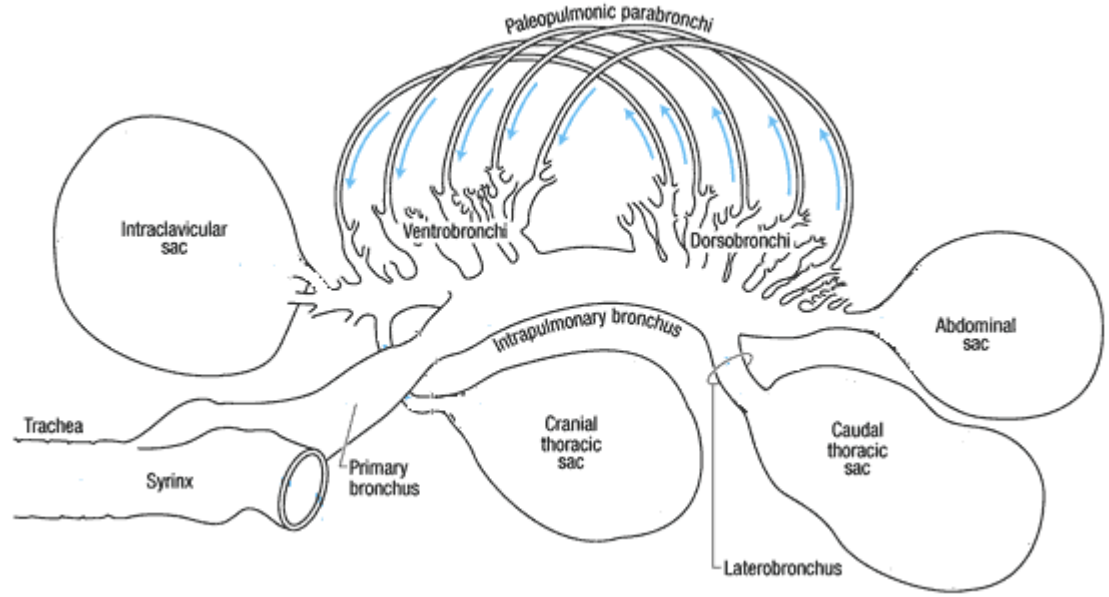
١. جزء القصبة الهوائية الابتدائية داخل الرئة Intrapulmonary primary bronchus
٢. القصبات الثانوية Secondary bronchi .
٣. نظيرات القصبات Para bronchi .

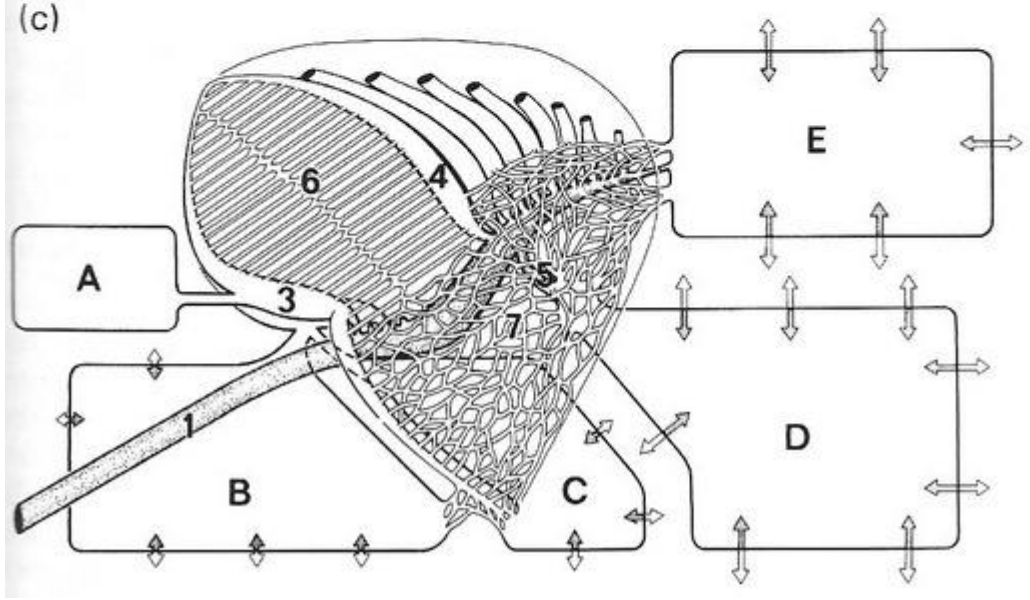
تمتد القصبة الهوائية الابتدائية داخل الرئة على طول الرئة حيث يتفرع منها القصبات الثانوية التي تقسم الى ٣ مجاميع رئيسية هي :-

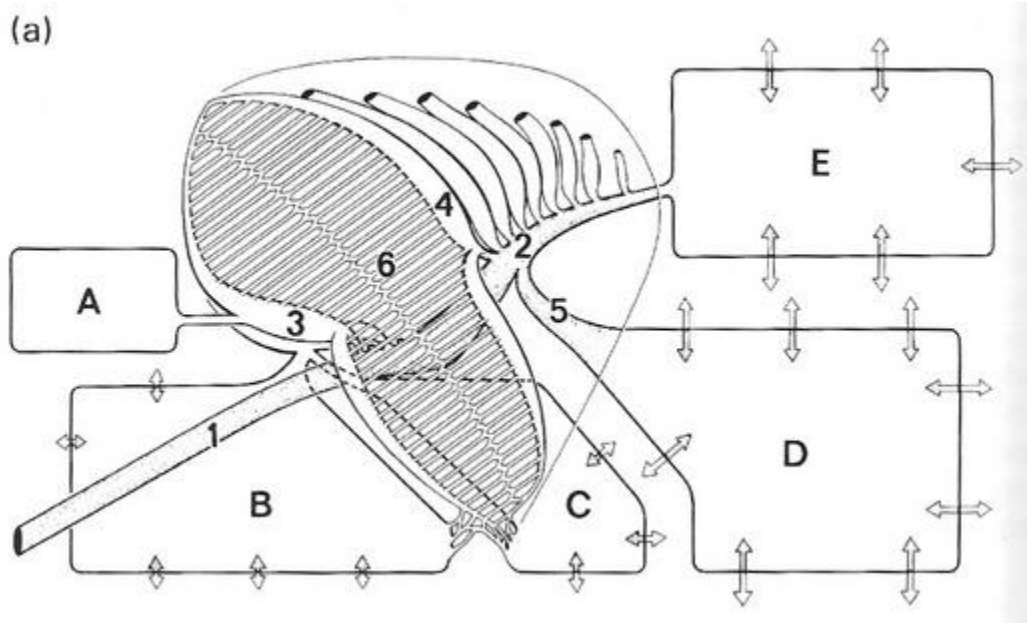
I. القصبة البطنية الوسطية medioventral bronchi .
II. القصبة الظهرية الوسطية mediodorsal bronchi .
III. القصبات البطنية الجانبية Iateroventral bronchi .

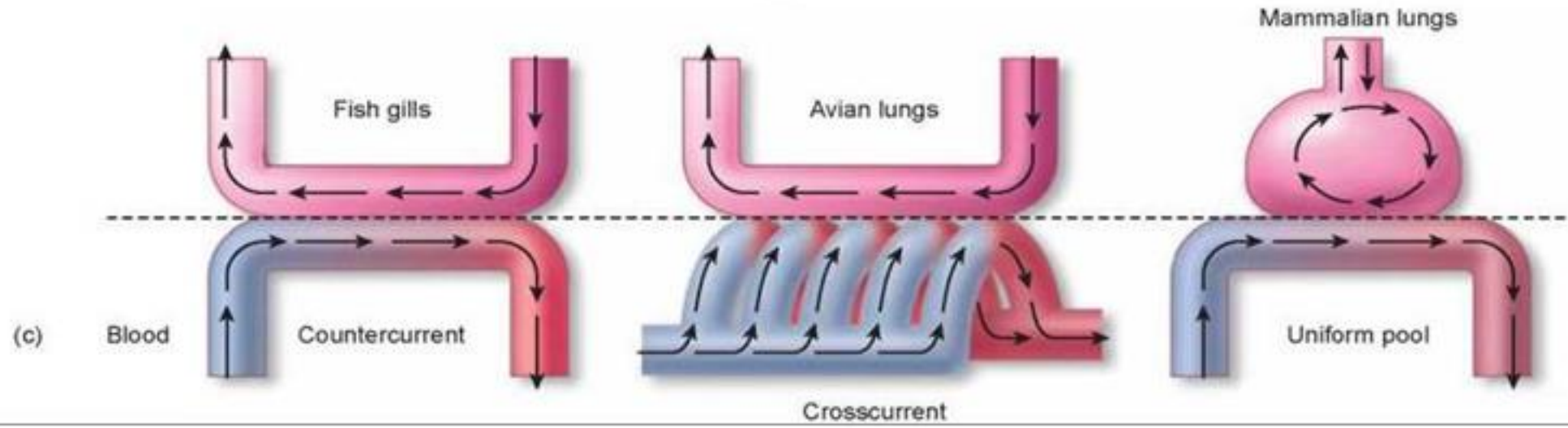
وتتفرع نظيرات القصبات من القصبات الثانوية . فنظيرات القصبات المتفرعة من القصبات الثانوية البطنية الوسطية تترابط وتتصل مع نظيرات القصبات المتفرعة من القصبات الثانوية البطنية الجانبية مكونة شبكة او سلسلة من الانابيب المتوازية تعرف باسم الباليوبلمو Paleopulmo . وهناك شبكة او سلسلة اخرى من الانابيب المتوازية المتفرعة تعرف باسم نيوبلمو Neopulmo التي تربط القصبة الهوائية الابتدائية داخل الرئة بالقصبة الثانوية البطنية الجانبية .

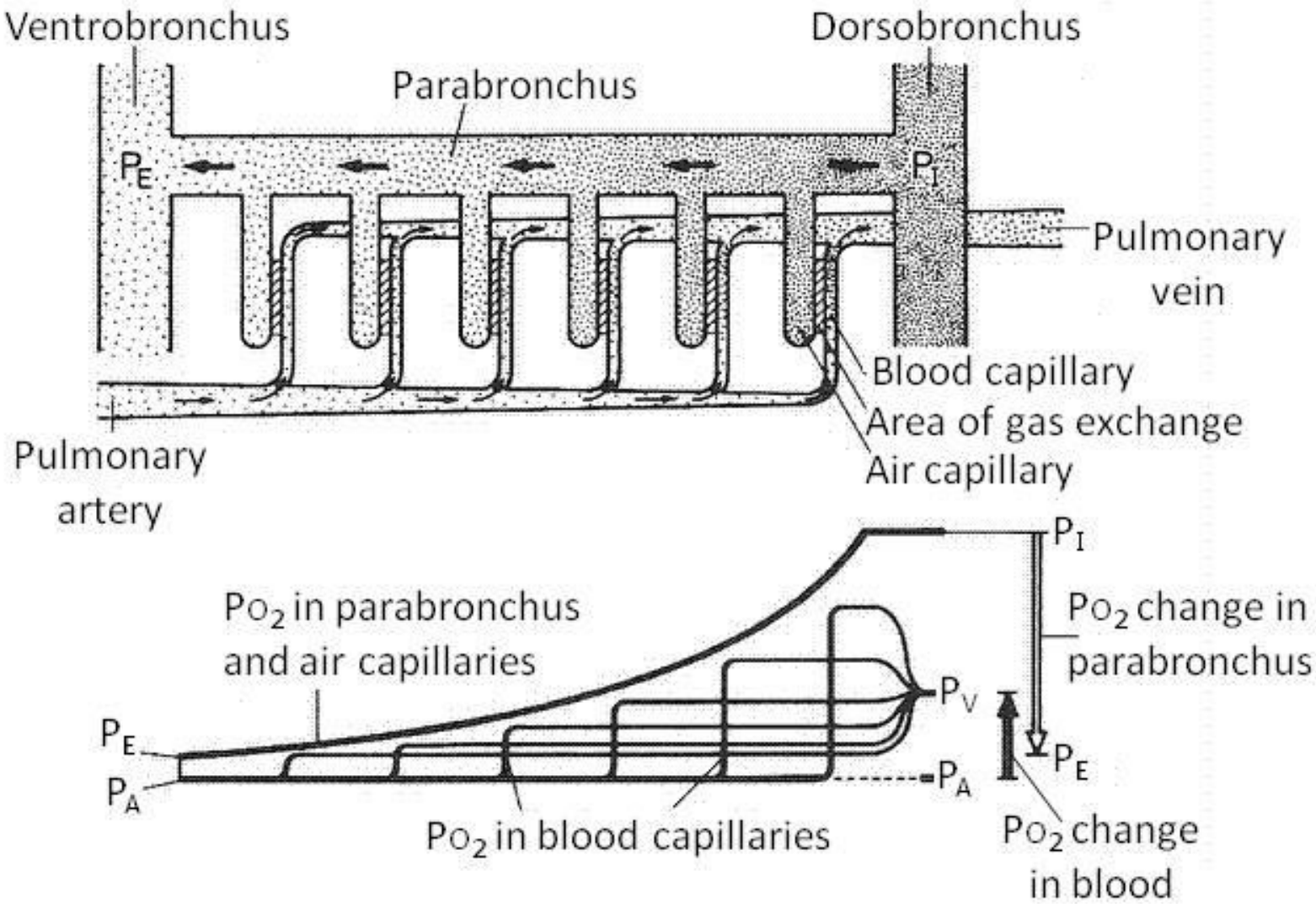

(b)
A
B
C
D
E
1
3
4
5
6
7

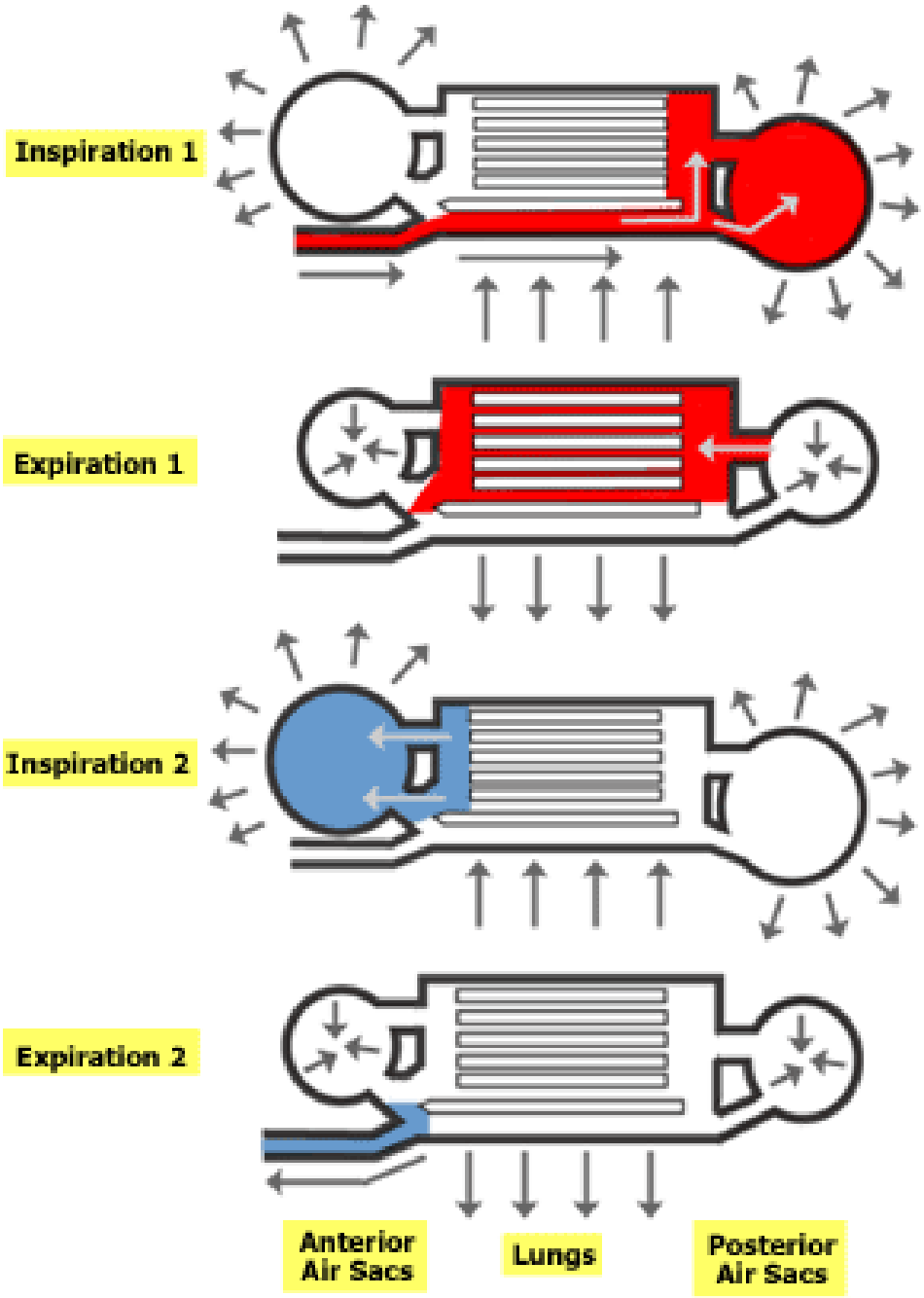

Paleopulmonic parabronchi
Intraclavicular sac
Ventrobronchi
Dorsobronchi
Abdominal sac
Intrapulmonary bronchus
Trachea
Syrinx
Primary bronchus
Cranial thoracic sac
Caudal thoracic sac
Laterobronchus


(c)
A
B
C
D
E
1
3
4
5
6
7

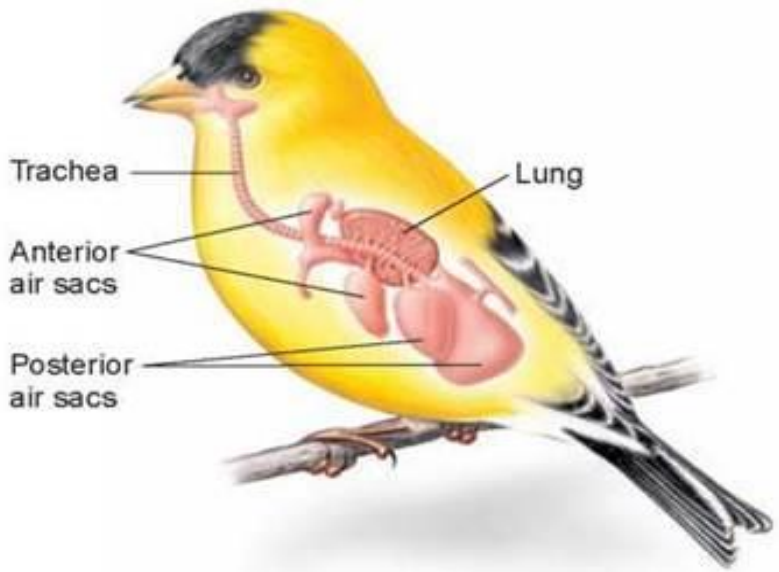

(a)
A
B
C
D
E
1
2
3
4
5
6


Mammalian lungs
Fish gills
Avian lungs
(c)
Blood
Countercurrent
Uniform pool
Crosscurrent

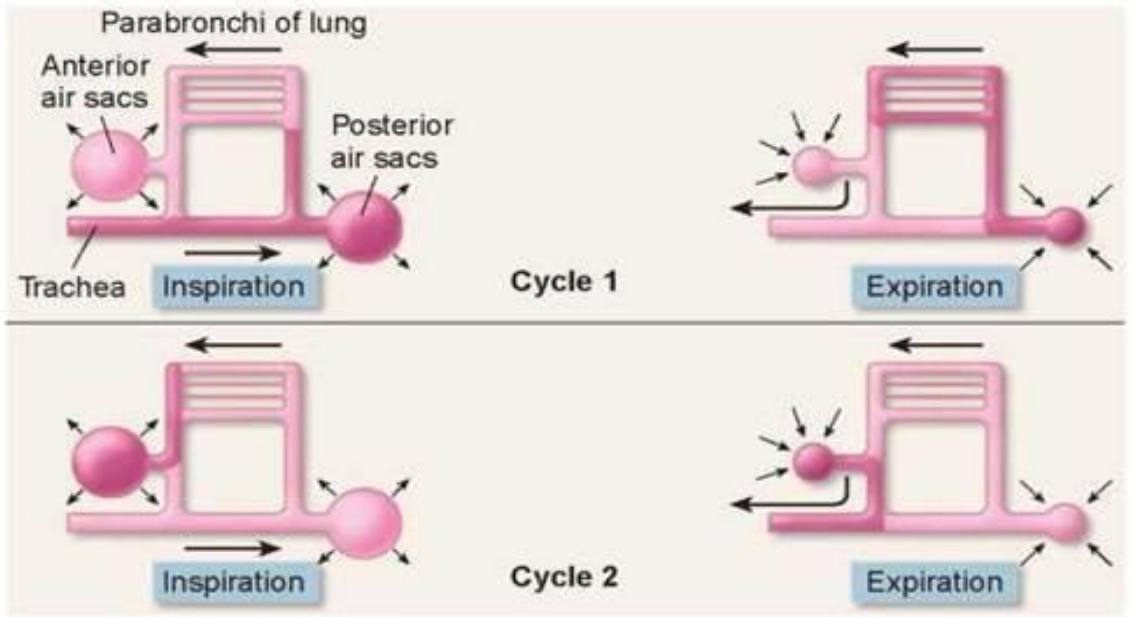

Ventrobronchus
Dorsobronchus
Parabronchus
P_E
P_I
Pulmonary vein
Blood capillary
Area of gas exchange
Air capillary
Pulmonary artery
P_I
Po_2 in parabronchus and air capillaries
Po_2 change in parabronchus
P_V
P_E
P_A
P_E
P_A
Po_2 in blood capillaries
Po_2 change in blood


Inspiration 1
Expiration 1
Inspiration 2
Expiration 2
Anterior Air Sacs
Lungs
Posterior Air Sacs

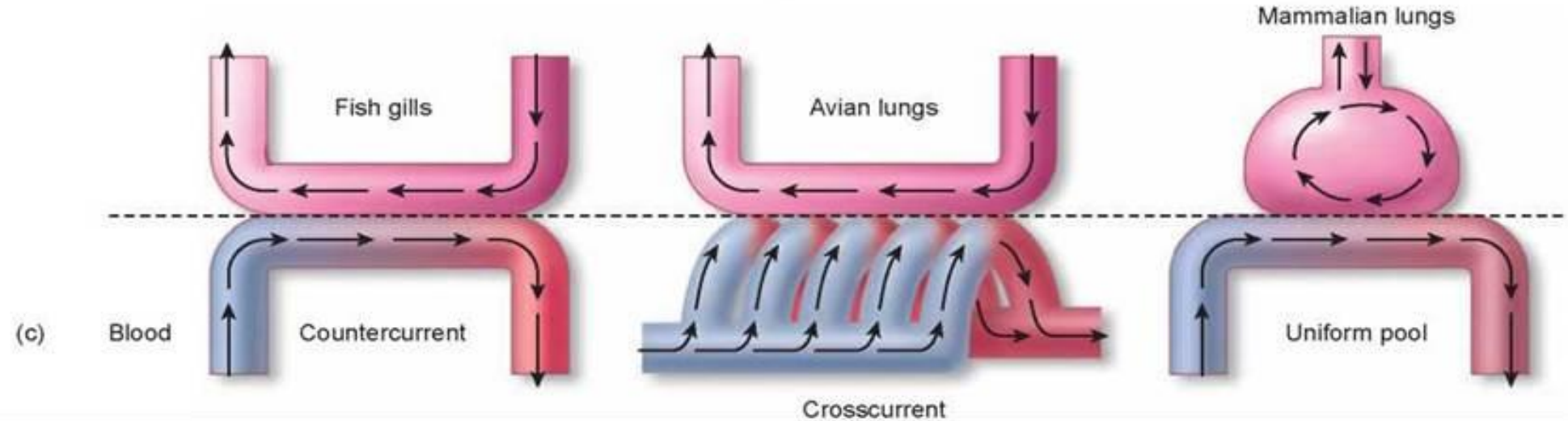
Mechanism of gas exchange نظام التبادل الغازي



(a)



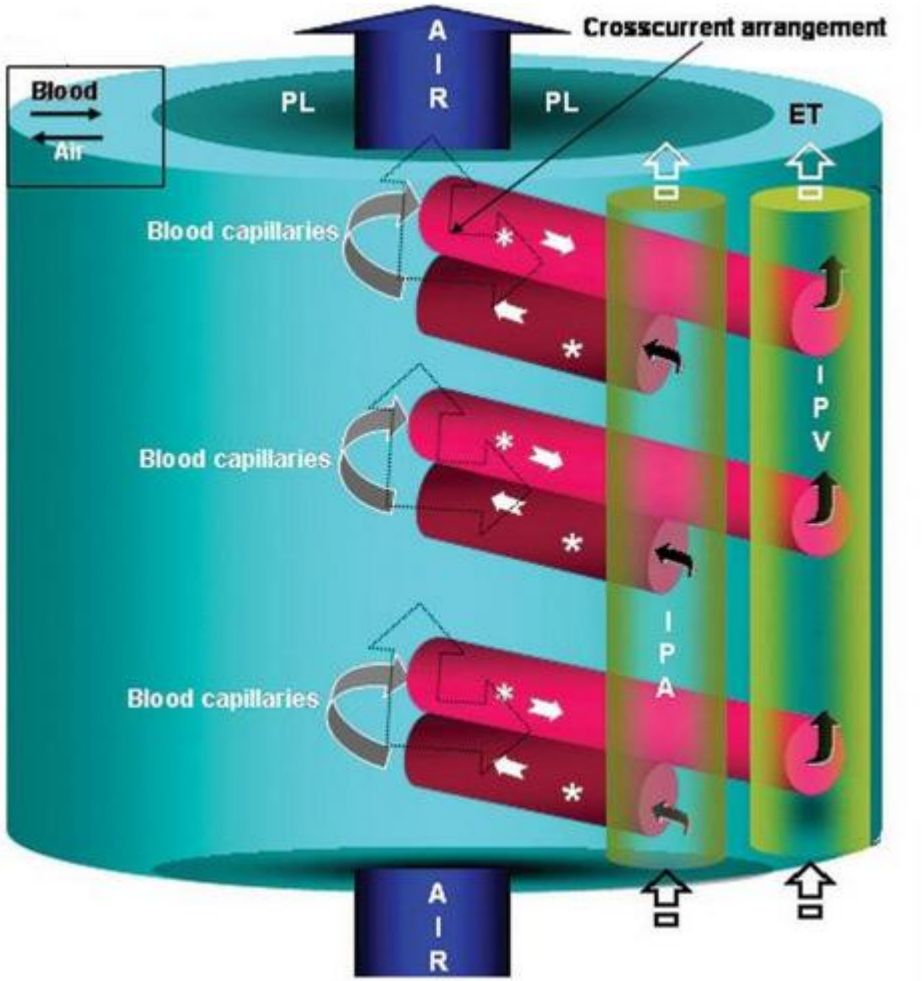
(b)

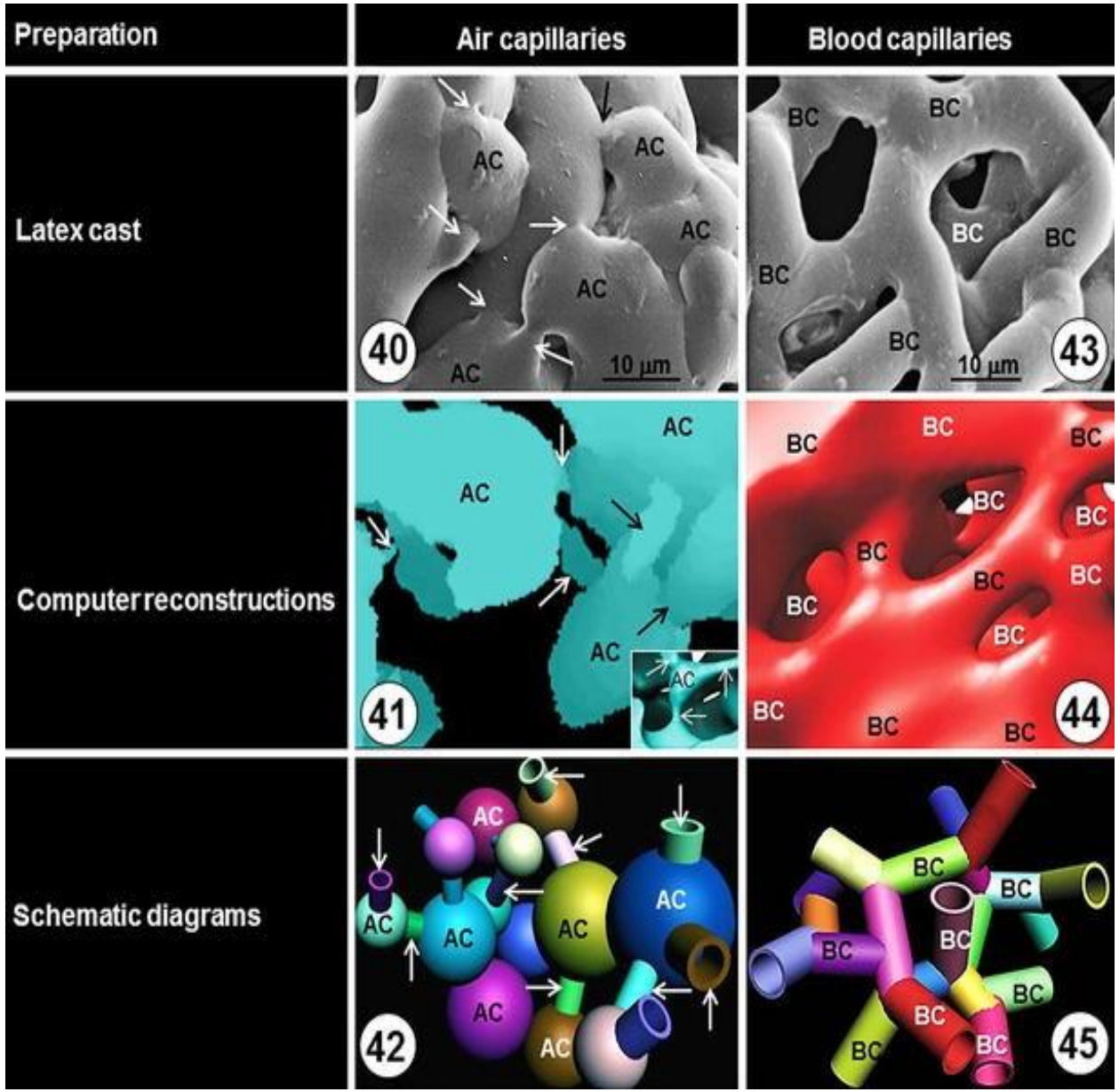


وهناك عناصر عديدة للتوصيل لغرض التبادل الغازي تتجمع سوية في الرئتين ليعبر عنها بقدرة الانتشار للرئتين. ويعتمد ذلك على التصميم التركيبي لمنطقة التبادل الغازي الذي يتصف بما يلي :-

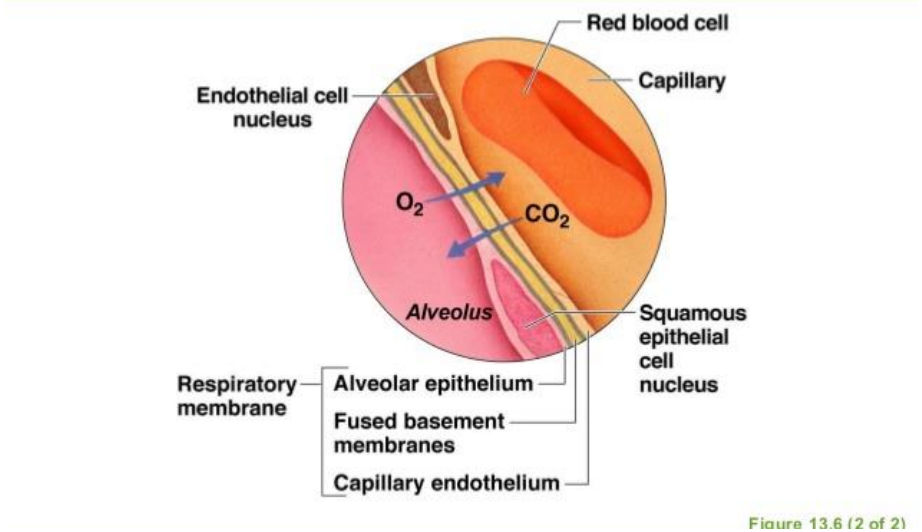
١. المساحة السطحية للشعيرات الهوائية – الدموية Air – blood capillary surface area : ممكن تصور شبكة الشعيرات الهوائية – الدموية على هيئة انبوب ملتف يشبه الضفيرة. وتبلغ المساحة السطحية لحاجز الغاز – الدم gas – blood barrier في رئة الدواجن حوالي ٢ متر مربع وقد تسمى هذه بالمساحة السطحية الفعالة للتبادل الغازي وممكن تحويل هذه القيم الى مساحة التبادل لكل وحدة من وزن الجسم وبذلك تكون كما يلي:-

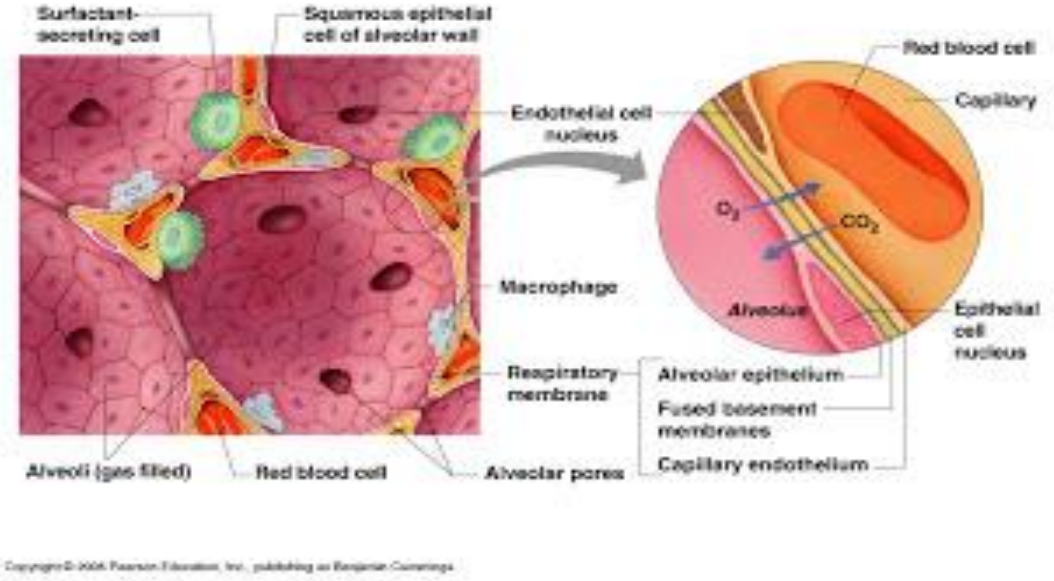
في الدجاج تساوي ١٧,٩ سم٢/غم من وزن الجسم ، الحمام الداجن تساوي ٤٠,٣ سم٢/غم . ويتضح ان حجم مساحة التبادل الغازي لكل وحدة حجم من رئة الطيور تكون اكبر ٢-٤ مرات على الاقل من رئة الثدييات التي بنفس وزنها وهذا ناتج طبعا من الصغر الكبير في اقطار الشعيرات الهوائية وبحدود ١٠ مرات اكبر من رئة الانسان وربما تساوي في رئة الطيور الطنانة Huming birds ٣٧ مرة اكبر مقارنة بالانسان .





١. حجم الدم في الشعيرات Blood capillary Volume :-
يتراوح الحجم الكلي للدم داخل كلا رئتي الدجاج بحدود ٦,٩ سم٣ وهذا يمثل حوالي ٢٨% من الحجم الكلي للرئتين تقريبا ٥١% من الدم الموجود في رئة الدواجن يبقى في الشعيرات الرئوية باستمرار وتبلغ هذه النسبة في الانسان بحدود ٢٠%. وتسمح كمية الدم الكبيرة الموجودة في الشعيرات باعطاء وقت اطول تقريبا (٠,٩٠-٠,٩٢ ثانية) لخلايا الدم الحمراء لغرض الموازنة مع الغاز الموجود في الشعيرات الهوائية.





Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

. سمك حاجز الغاز –الدم – Thickness of the gas blood barrier :– يتالف حاجز الغاز –الدم عادة في الطيور مما ياتي:–

I. بطانة endothelium الشعيرات الدموية التي تمثل حوالي ٦٧% من كتلة الحاجز.
II. الصفحة القاعدية Basal Lamina التي تمثل طبقة سطحية تؤلف ٢١% من كتلة الحاجز .
III. الظهارة Epithelium والطبقة التناضحية Osmiophilic surfaces lining التي تمثل ١٢% وعادة يكون سمك الحاجز في الطيور رقيق جدا مقارنة بالثدييات.

مواصفات انتقال غازات الدم:-

خلية الدم الحمراء في الطيور مثل تلك في الحيوانات الفقرية تحت الثديية تمتلك نواة وهذا يفسر ارتفاع استهلاكها من O2 مقارنة بالثدييات. ويتم انتقال O2و CO2 في الدم باشكال مختلفة ولكن يبقى اتحادها مع Hb مهما جدا للانتقال بكميات كافية وينتقل جزء قليلا من O2 بحالة ذائبة بالدم حيث بموجب قانون هنري Henry's Law فان تركيز الغاز في المحلول يعتمد على ضغطه الجزئي في المحلول بشكل مباشر وبهذا فان :-

$[O2] = \alpha O2.PO2$

O2 = تركيز O2 في المحلول المائي .

PO2= الضغط الجزئي لغاز O2 في المحلول.

αO2 = معامل ذوبان O2 معبر عنه بملمول من O2 /لتر محلول/ تور.

والحالة الثانية التي ينتقل بها O2 في الدم هي بشكل ارتباط كيمياوي مع Hb وعادة الجزء الاعظم كما قلنا من O2 ينتقل بهذه الطريقة. ويتباين جزء الكلوبين لجزئية Hb بشكل رئيسي بين الطيور وكذلك بين مختلف انواع Hb لنفس الطير. ويزداد اعداد الجزيئات O2 المرتبط مع جزيئة الهيم في Hb عندما يتعرض Hb الى زيادة في الضغوط الجزئية لـ O2. ويتصف هذا الارتباط بانه غير خطي ولكنه على شكل حرف S .

وهناك عوامل عديدة تؤثر في الفة affinity او ارتباط O2 مع Hb منها:-

١. الفوسفات العضوية Organic Phosphates وخاصة myoinositol 1,2,3,4,5,6-Pentophosphate(IPP) التي تتفاعل مع Hb وبذلك تعدل الفته لـO2 (تخفضها) .
٢. نوع الطير .
٣. الارتفاع عن سطح البحر يرفع من الفه Hb لـ O2 .
٤. تركيز +H فكلما ارتفع +H في الدم ادى ذلك الى تحرير O2 من Hb بسهولة اكثر. وهناك ما يعرف بعامل بوهر Bohr factor الذي يقيس تاثير ايون +H على الفة Hb لـO2 .
٥. تغير درجة حرارة الدم. فكلما ارتفعت حرارة الدم ادت الى انخفاض الفة Hb الى O2 والعكس صحيح .

وفيما يتعلق بانتقال CO_2 في دم الطيور فكما هو الحال في الثدييات فان CO_2 يوجد في دم الطيور في ثلاث صور هي :-

١. مذاب فيزياوياً .
٢. متحد مع البروتينات على هيئة كارباميت Carbamate .
٣. على هيئة ايونات البيكاربونات التي معظمها في البلازما. لذلك فان النسبة الاعظم من CO_2 الموجودة في الدم تكون على هيئة ايونات البيكاربونات HCO_3^- . CO_2 القادم من مختلف انسجة الجسم الى الدم يدخل جزء كبير منه في RBC ويرتبط بسرعة مع الماء بفعل انزيم Carbonic anhydrase مكونا حامض الكاربونيك H_2CO_3 ويتبع ذلك تكون HCO_3^- و H^+ وتنتشر ايونات البيكاربونات HCO_3^- في بلازما الدم وتنقل الى الرئتين حيث تعود هناك مرة اخرى الى RBC مكونة مرة اخرى CO_2 الذي يذوب في غاز الشعيرات الهوائية لكي يطرح خارج الجسم. وتؤثر درجة تشبع Hb بـO_2 بشكل كبير على كمية CO_2 التي يحويها الدم وتعرف هذه الخاصية بتاثير هالدين Haldane effect ولهذه الخاصية اهمية جوهرية في سحب CO_2 من الدم في منطقة الشعيرات الرئوية.

وهناك ميكانيكيتان عصبيتان منفصلتان الواحدة عن الاخرى تنظمان عملية التنفس الاولى الارادية Involuntary والثانية ارادية Voluntary .
وتشترك ثلاث عناصر متداخلة مع بعضها البعض في السيطرة على عملية التنفس هي :

١) الحاسات senors او المستقبلات receptorsالتي تجمع المعلومات من جميع انحاء جسم الطير وتنقلها وتغذيها الى
٢) الضابط المركزي central controller الذي يقع في الدماغ والذي يقوم بتنسيق المعلومات ويرجعها عن طريق الاشارات الى

المستجيبات effectors التي هي العضلات التنفسية .

العوامل المؤثرة على التهوية Factors that Influence Ventilation :-

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على التهوية التي اهمها هي :-

١. غاز CO_2 :- ينتج استنشاق غاز CO_2 تحفيزا قويا على :-

I. زيادة تهوية .

ب. زيادة الحجم المدي Tidal Volume .

ويؤثر CO_2 على المستقبلات المنتشرة في مواقع عدة التي من ضمنها الاجسام السباتية Carotid bodies والمستقبلات الكيمياوية داخل الرئة Intrapulmonary receptors ويحفز كذلك الجهاز العصبي المركزي.

١. غاز O_2:- تستجيب الطيور الى انخفاض غاز O_2 في الجو بزيادة التهوية . ويظهر ان الثدييات والطيور تمتلك سيطرة منتظمة على التهوية الصادرة من الاجسام السباتية عندما يتوفر O_2 بنسبة طبيعية .

٢. تحفيز الاعصاب المحيطة :- يؤثر تحفيز أي عصب محيطي على التهوية فمثلا يغير التحفيز الكهربائي للجلد او التحفيز البصري او السمعي من التهوية .

٣. درجة الحرارة :- يؤدي ارتفاع درجة الحرارة الى التنفس السريع polypnea (اللهاث panting) الذي يتصف بزيادة تكرار التنفس الضحل (غير العميق) وقلوية تنفسية Respiratory alkalosis نتيجة لانخفاض تركيز CO_2 في الدم.

٤. الغازات الضارة Noxious gases :- يقود استنشاق الغازات الضارة مثل اوكسيد الفضة ، الامونيا، حامض الاسيتك الى ابطاء التنفس او الى اللاتنفس apnea (الاختناق). وهناك مستقبلات الاثارة irritant receptors واقعة في الجزء العلوي من الجهاز التنفسي التي تتحفز بقوة لتلك المواد .

٥. انظمة المستقبلات Receptor systems :- تمتلك الطيور انظمة مستقبلات متنوعة ولكن دورها وعملها في السيطرة على التنفس غير واضحة تماما لحد الان ومن هذه المستقبلات ما يلي:-

I. المستقبلات الكيمياوية داخل الرئوية Intrapulmonary Chemoreceptors (IPC) :- وتوجد في داخل الرئتين وتماما في منطقة التبادل الغازي . واهم مواصفاتها هي:-

١. تشترك في السيطرة على التنفس .
٢. تتحسس الى تركيز CO2 داخل الرئتين وبذلك تخفض من تحرير اشاراتها كلما يرتفع تركيز CO2.
٣. لا تستجيب هذه المستقبلات الى التمدد الذي يحصل في الجهاز التنفسي ولا الى انخفاض CO2 ولكن حساسة بدرجة بسيطة الى +H.
٤. استجابتها او حساسيتها الى CO2 تنخفض كلما ترتفع درجة حرارة جسم الطير .

I. الاجسام السباتية Carotid bodies:-

تقع على جانبي جوف القفص الصدري بالقرب من عقد nodose ganglia للعصب المبهم والتي تستلم منها الاجسام السباتية الاعصاب. ويوجد فيها نوعين من الخلايا الاولى نوع I والتي يعتقد بانها تقوم كمستقبل كيمياوي. ونوع II التي تعمل على المساعدة والدعم. يمثل دور الاجسام السباتية في السيطرة على التنفس في الطيور من خلال امتلاكها المستقبلات الكيمياوية الحساسة المسؤولة عن كشف انخفاض اوكسجين الدم (PO2) الشرياني وكذلك حساسة الى ارتفاع ضغط ثنائي اوكسيد كاربون الدم (PCO2) الشرياني وهي تجهز الاشارات العصبية الى مراكز التنفس الرئيسي Central respiratory centers الضرورية الى التنفس الطبيعي. قطع الاعصاب الموصلة الى الاجسام السباتية يؤدي الى ضعف استجابة التهوية والى نقص او زيادة O2 وينتج عن ذلك خفض التهوية hypoventilation وزيادة CO2 (hypercapnia) في الدم .

I. مستقبلات الجهاز العصبي المركزي:-

يعتقد بوجود مستقبلات كيمياوية مركزية تستجيب الى تغيرات PCO2 في الدم الداخل الى الدماغ . ان دور وموقع هذه المستقبلات في السيطرة على التنفس غير واضح .

I. مستقبلات التمدد الرئوي Pulmonary stretch receptors :-

عند انتفاخ الجهاز التنفسي للطيور بالهواء تحصل حالة او استجابة اللانفس apneic response وتحصل نفس الحالة للثدييات. لقد فسرت هذه الاستجابة في البداية بوجود المستقبلات التوسعية في رئة الطيور والذي يماثل انعكاس هيرنك – برير Hering- Breuer reflex في الثدييات. ولكن يتضح ان هناك تفسيرا اخرا وهو ان امتلاء الرئتين بالهواء لاقصى حد يؤدي الى تنشيط مستقبلات CO2 وهذا يعود الى ان الهواء منخفض التركيز في CO2ذلك يساعد على اطلاق كبير من هذه المستقبلات وبذلك حصول اللانفس وعلى العكس من ذلك عندما يملاء الجهاز التنفسي للطيور بغاز يحوي ٨%CO2 (نسبة عالية) فان معظم مستقبلات CO2 تثبط وبذلك تبطل استجابة اللانفس. ولم يحدد لحد الان موقع المستقبلات الميكانيكية فقد يكون غير جهاز الرئة–الاكياس الهوائية حيث قد يؤثر انتفاخ الجهاز بالهواء على جدران الاحشاء والجسم.

I. مستقبلات اخرى محتملة :-

ممكن وجود مستقبلات كيمياوية محيطة تقع في النسيج الرابط بين الابهر الصاعد والشريان الرئوي وعلى الشرايين الرئوية وكذلك قد تكون للخلايا الحاوية على الامينات مثل Catecholamine, serotonin الموجودة في ظهارة الرغامي، عضو اصدار الاصوات Syrnix ، القصبات الاولية ونظيرات القصبات دورا في تنظيم التهوية .