المحاضرة الرابعة

الجهاز التنفسي The Respiratiory System

يحصل الانسان او الحيوان على الطاقة والحرارة نتيجة الاكسدة الكاربون والهيدروجين الموجود في الطعام ان عملية الاكسدة تحتاج الى الاوكسجين وينتج عنها غاز ثاني اوكسيد الكاربون لذلك من الضروري جدا تكون هنالك استمرارية في عملية اخذ الاوكسجين واعطاء ثاني اوكسيد الكاربون وتسمى هذه العملية بالتنفس ان كمية ما يخذه الحيوان او الانسان من الاوكسجين تتناسب مع فعالية الحيوان وحجمة ان استهلاك الاوكسجين يزداد اضعاف ما هو عليه اثناء العمل او الرياضة.

التنفس Respiration:

هي عملية تبادل الغازات بين المادة الحيه ومحيطها الخارجي. فالجهاز التنفسي هو المسؤول عن هذه العملية وكريات الدم الحمراء تلعب دورا كبيرا في هذه العملية. حيث تقوم كساعي بريد بنقل الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون.

عمليات التنفس في الحيوان

1_ **التهوية الرئوية Pulmonary Ventilation:**

ويقصد بها حركة الهواء داخل الرئتين وخروجه.

2_ **التنفس الرئوي والتنفس الداخلي Pulmonary and Internal Respiration:**

ويقصد بها انتقال الغازات التنفسية بالانتشار بين الاسناخ والدم ونقل الاوكسجين بواسطة الدم من الرئتين الى انسجة. والعودة بثاني اوكسيد الكاربون. واخيرا انتقال الاوكسجين من الدم الى الخلايا بالانتشار ايضا وانتقال ثاني اوكسيد الكاربون من الخلايا الى الدم بطريقة الانتشار.

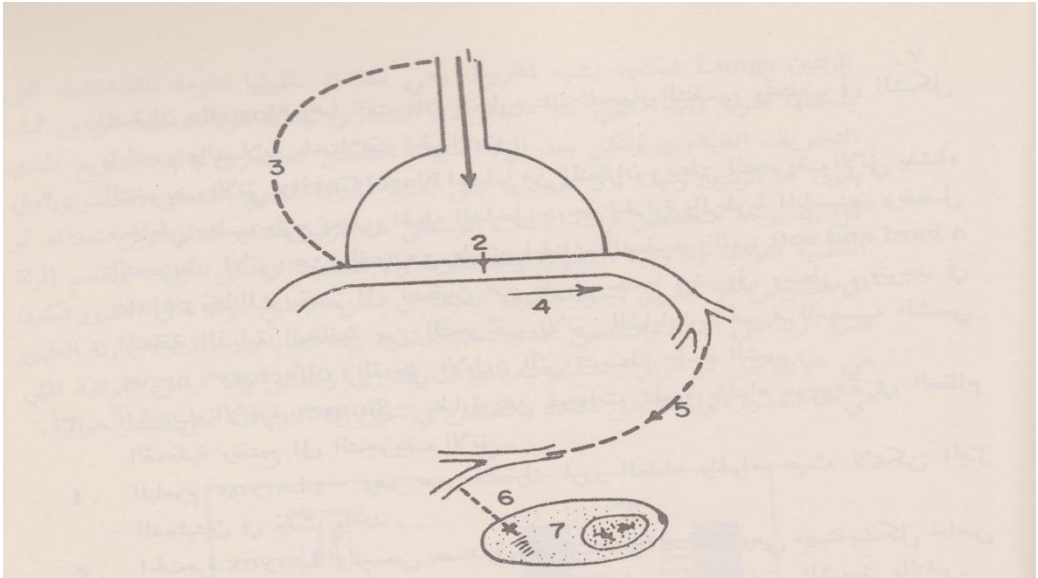
3_ **التنفس الخلوي Cellular Respiration:**

ويقصد بها عملية تحرير الطاقة بعملية الهدم الغذائي. فهو ذروة عملية التنفس بأكملها. وتشمل الكثير من الخطوات التي تشترك فيها الخمائر التنفسية ومساعدتها.

التبادل الغازي المباشر بين الجسم والوسط الخارجي يتحقق عن طريق الجهاز التنفسي (الرئتين) وهذه العملية يطلق عليها بالتنفس **الخارجي او الرئوي**. العملية التنفسية تشمل كذلك نقل الاوكسجين من الرئتين الى الانسجة ونقل ثاني اوكسيد الكاربون من الانسجة الى الرئتين وهذه العملية تدعى بعملية **نقل الغاز Gas transport** واعطاء الاوكسجين من الدم الى السائل النسيجي وانتقاله الى الخلايا بعد ذلك. لاستخدامه في العمليات الايضية وكذلك الحال في الطريق العاكس في انتقال ثاني اوكسيد الكاربون من الخلايا الى الدم هذه العملية تسمى بالتنفس **الداخلي او النسيجي**.

لذلك يمكننا ان نضع 7 خطوات رئيسية تتضمنها عملية التنفس والتي هي حسب الترتيب.

1. **التهوية Ventilation**_ وتشمل حركة الاوكسجين من الهواء الى داخل الاسناخ alveoli في الرئتين (وحركة ثاني اوكسيد الكاربون بالاتجاه المعاكس)
2. **الانتشار Diffusion**_ حركة الغازات عبر حاجز الغاز_الدم blood-gas barrier
3. التنسيق بين حركة الدم والتهوية في عملية التبادل الغازي.
4. حركة الدم في الرئتين _ تتم لنقل الغازات خارج الرئتين.
5. نقل غازات الدم _ عمل الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون في الدم.
6. انتقال الغازات بين الشعيرات الدموية والخلايا.
7. الاستفادة من الاوكسجين وطرح ثاني اوكسيد الكاربون في داخل الخلايا الجسمية.



شكل (٩–١) ويوضح تسلسل الخطوات منذ استلام الاوكسجين من الهواء وحتى وصوله الى الانسجة
١. التهوية
٢. الانتشار عبر حاجز الدم–الغاز.
٣. تنسيق حركة الدم والتهوية ،
٤. حركة الدم في الرئتين
٥. نقل غازات الدم
٦. انتقال الغازات بين الدم والخلايا
٧. الاستفادة من الاوكسجين من قبل متقدرات الخلايا West (1985)

تركيب الجهاز التنفسي Structure of respiratory System

يتألف الجهاز التنفسي في حاله الثدييات من الرئتين والمسالك المؤدية لها والصدر وغشاء الجنب Pleura والعضلات والاعصاب المتصلة بها وتشمل:

1. **المسالك الهوائية** :- تشمل المسالك الهوائية ما يلي :- المنخرين والانف والفم والبلعوم والحنجرة والرغامي تتفرع الرغامي الى فرعين يسمى كل فرع القصبة الهوائية. تتفرع القصبة الهوائية الى عدة فروع تسمى القصيبات وتنتهي القصيبات بالقصيبات النهائية او التنفسية.

***وظيفة المسالك الهوائية** هي كونها ممرات لإيصال الهواء من المحيط الخارجي الى الاسناخ. اثناء مرور الهواء في هذه المسالك يتم تنظيفه من الشوائب العالقة به وتنظيم درجة حرارة وجعلها مقاربة لدرجة حرارة الجسم كذلك ترطيب الهواء وخاصتا في الاجواء الجافة . يتم ازالة الشوائب بواسطة **الخلايا المهدبة Ciliated Cells** الموجودة في بطانة الرغامي حيث تعمل اهداب هذه الخلايا على مسك الذرات الكبيرة نسبيا وبحركة معينه لهذه الاهداب تدفع الذرات صعودا الى الخارج مع المخاط الذي يفرز من بطانة هذه المسالك وهنا يجب ان نشير الى انه لا يتم تبادل الغازات في المسالك الهوائية.

2. **الرئتين Lungs** :- شكلها يشبه المخروط وهي مطاطه لكونها مملوءة بالفراغات التي يدخلها الهواء وبهذا فهي تملأ التجويف الصدري ولغايه الولادة تملأ الرئتين تماما التجويف الصدري ولكن بعد الولادة يبدأ القفص الصدري بالنمو السريع الذي يفوق نمو الرئتين وبهذا فأن حجمها يقل مقارنه بحجم القفص الصدري وفي كل رئة يوجد منخفض قرب الجانب الوسطي لها يعرف **بالنقير hilus** ومن خلاله تمر القصبة الهوائية والأوعية الدموية واللمفاوية والاعصاب لتدخل الرئة ، وتقسم الرئة الى فصوص عن طريق وجود شقوق عميقه في الجزء البطني للرئة
3. **القنوات النسخية والاسناخ** :- تنتهي المسالك الهوائية بما يسمى بالقنوات النسخية والاسناخ حيث يوجد الملاين عديدة من الاسناخ في كل رئة. **تتكون الاسناخ من طبقة رقيقة من الخلايا الظهارية** تشكل هذه الخلايا مع خلايا بطانة الشعيرات الدموية المحيطة بالأسناخ الحاجز بين الدم والغاز . ويتم عبر هذا الحاجز تبادل الغاز بين الهواء الموجود في الاسناخ وبين الدم، ان سرعة انتشار الغاز ونفوذه بين الموقعين المذكورين يعتمد بصوره رئيسية على **فرغ الضغط** لذلك ينفذ الاوكسجين الى الاسناخ عبر الجدار الى الدم لأنه ضغطه الجزئي في الاسناخ يبلغ 100ملم زئبق في حين يبلغ ضغطه في الدم الوريدي 40ملم زئبق في الوقت نفسه ينفذ غاز ثنائي اوكسيد الكاربون من الدم الى الاسناخ بسبب فرغ الضغط بين الموقعين حيث ذكرنا سابقا ان الضغط الجزئي لثاني اوكسيد الكاربون في الدم الوريدي القادم من الرئة حوالي 46 ملم في حين يكون ضغطه في الاسناخ 40 ملم، تتم عملية عبور الغازات بسرعة فائقة في

الرئات السليمة لان الحاجز الموجود بين الدم وتجويف الاسناخ الرقيق يبلغ سمكه 1- 4 مايكرون لذلك لا يعتبر هنالك حاجز حقيقي بينهما.

4. **القفص الصدري**:- يضم القفص الصدري في تجويفه القلب والرئة والاوعية الكبيرة. هنالك غشاء مصلي رقيق يبطن القفص الصدري ويغلف الرئة يعرف **بالجنبه pleura** ويسمى التجويف المحصور بين جدار الصدر والرئة بالتجويف **الجنبي** اي ان الغشاء المذكور مكون من طبقتين هما: **الطبقة الجدارية** التي تبطن القفص الصدري، **والطبقة الحشوية** التي تغلف الرئة . طبيعي لا يوجد تجويف بمعنى التجويف ولكن يوجد مسحه رقيقه من السائل تقع بين هاتين الطبقتين حيث ان الطبقتين المذكورتين بتماس واحده مع الاخرى. ان الضغط في التجويف الجنبي دائما اقل من ضغط الجوي.

***هناك حيوانات تتنفس عن طريق الخياشيم بدل الرئتين كما في الحيوانات المائية.**

***هناك حيوانات تستطيع التنفس عن طريق الجلد.**

العوامل الاساسية التي تؤثر على نفوذ الغازات بكلا الاتجاهين

1. **فرق الضغط الجزئي للغاز في كلتا المنطقتين**. فكلما زاد الفرق كلما ازدادت سرعة النفوذ
2. **سمك الحاجز**:- كما اشرنا سابقا ان سمطك الحاجز بوضعه الطبيعي لا يشكل حاجزا بمعنى الحقيقي اما في الحالات المرضية التي تؤدي الى زيادة سمك الحاجز الفاصل او بالأحرى الاتساع المسافة بين تجويف الاسناخ والدم كما هو الحال في **حالة الخزب الرئوي edema** او في حالة تلف خلايا الحاجز وما الى ذلك من تغيرات مرضية . فان هذا يؤدي الى صعوبة تبادل الغازات وبتالي الى نقص الاوكسجين تجمع ثاني اوكسيد الكاربون في الجسم وقد تؤدي هذه الحالة الى الموت في النهاية.
3. **المساحة السطحية للحاجز**:- تنفذ الغازات بشكل طبيعي عندما تكون المساحة السطحية للحاجز طبيعية. اما اذا حدث تمزق في بعض المواقع للحاجز كما هو الحال في **حالة الانتفاخ emphysema** فان هذا سيؤثر على تبادل الغازات.
4. **قابلية الغاز على الذوبان في سوائل الجسم**:- هنالك تفاوت بين قابلية اذابة الغازات في سوائل الجسم حيث ان سرعة ذوبان ثاني اوكسيد الكاربون تعادل اكثر من 20مره سرعة ذوبان الاوكسجين

الية عملية التنفس

يتجدد الهواء في الرئه باستمرار وان تجديد الهواء هذا يتم عن طريق **الشهيق والزفير** تحدد سرعة التنفس وعمق النفس الواحد تبعا لحاجة الجسم من الاوكسين ومقدا رما ينتجه من ثاني اوكسيد الكاربون. يتسع القفص الصدري طوليا و عرضيا اثناء الشهيق وتتسع تبعا لذلك الرئه. ان اتساع الصدر هو نتيجة لتقلص العضلات الخارجية الموجودة بين الاضلاع وتقلص الحجاب الحاجز ويؤدي هذا الى **الشهيق**. تتم عملية دخول الهواء الى الرئه في اثناء اتساع القفص الصدري بسبب انخفاض الضغط في المسالك الهوائيه والاسناخ مقارنة مع الميحط الخارجي حيث ينخفض الضغط بحدود 1-3 درجات عن الضغط الجوي ان هذا الانخفاض يؤدي الى دخول الهواء هذا هو **الشهيق**

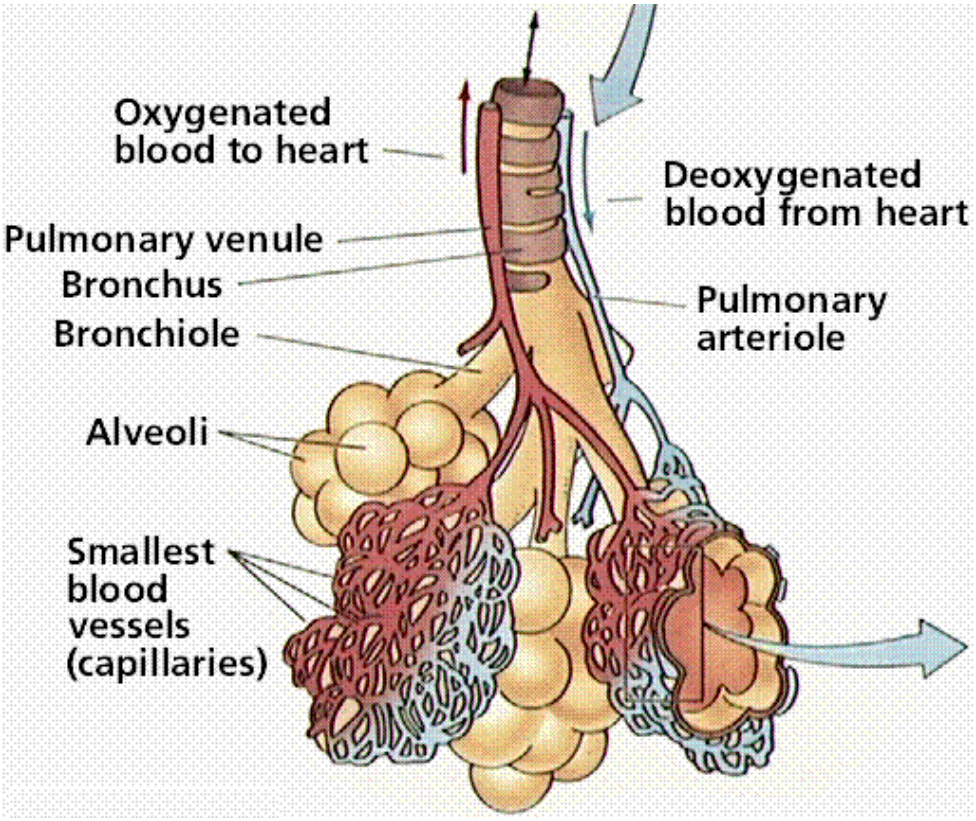
ترتخي عضلات القفص الصدري والحجاب الحاجز ويرجع القفص الصدري الى حجمه قبل التوسع وبذلك يصبع الضغط في المسالك الهوائيه والاسناخ في اعلى من الضغط الجوي مما يؤدي الى خروج الهواء من الرئه وهذا هو **الزفير**. يساعد على الزفير تقلص العضلات الداخلية الموجود بين الاضلاع. كذلك تقلص عضلات البطن التي تساعد ع دفع الحجاب الحاجز الى الامام وبذلك يصغر القفص الصدري والرئه.

***ان الوظيفة الرئسيه للجهاز التنفسي يعبر عنها بعمليتين رئسيتين تنجزان بنفس الوقت وهي:-**

1. الامداد المستمر بالاوكسجين والطرح المستمر لثاني اوكسيد الكاربون
2. المساعده على تنظيم الحموضه للسوائل الموجوده خارج الخلايا الجسمية والمساعده على تنظيم درجه حرارة الجسم والتخلص من الماء واظهار الصوت

نقل الغازات بواسطة الدم

إن من أهم وظائف الدم هو نقل كل من الأوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون بين الأعضاء التنفسية والأنسجة . لقد تكيف الدم لأداء هذه الوظيفة فهو يحتوي على الكريات الحمراء المملوءة **بالهيموكلوبين** السريع الاتحاد بغاز الأوكسجين . تتألف جزيئة الهيموكلوبين من جزئين بروتيني يدعى **الكلوبين Globin** وجزء لا بروتيني يدعى **هيم Heme**وهذا الأخير يتألف من أربعة من حلقات **البايرول Pyrole rings** يوجد في وسطها الحديد (في **حالة الحديدوز**) . إن دماء الحيوانات على درجات مختلفة من الكفاءة في نقل هذين الغازين ودم الفقريات أكثرها قدرة على ذلك . لا يحتوي الدم إلا على كمية ضئيلة جدا" **من غاز النيتروجين** بالرغم من أن هذا الغاز يؤلف نسبة عالية من الهواء والسبب في ذلك هو **عدم حاجة الانسجة لهذا الغاز** وبالتالي عدم تكيف الدم لنقله هذا من جهة ومن الجهة الاخرى هو أن قابلية ذوبان هذا الغاز في الدم **واطئة**



نقل غاز الاوكسجين Transport of Oxygen

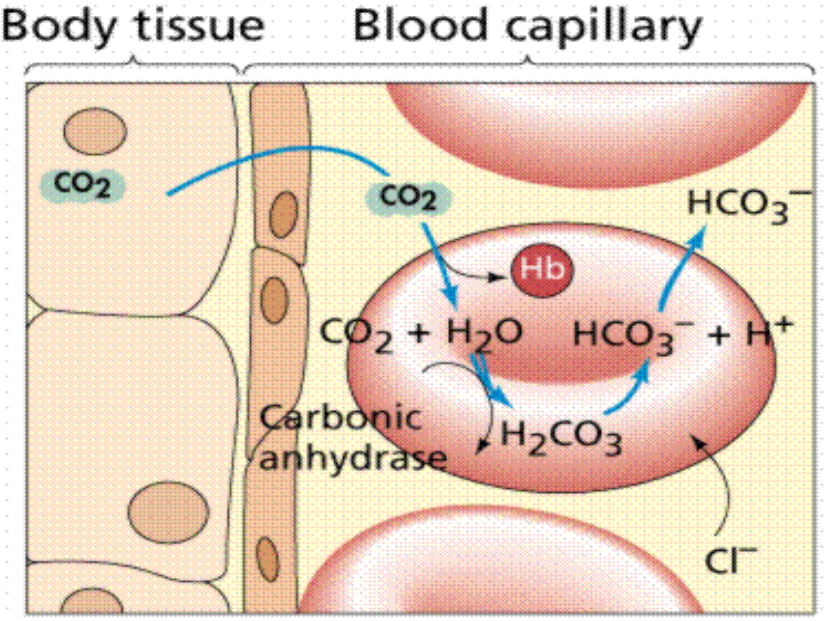
ينفذ الاوكسجين من الاسناخ الى الدم الوريدي الموجود في الشيعرات الدمويه التي تحيط الاسناخ وذلك لسبب فرغ الضغط بين الموقعين. ينتقل الاوكسجين في الدم بطريقتين هما.

1. **على شكل غاز مذاب** :- ان كمية ما ينتقل نت الاوكسجين على شكل غاز مذاب يشكل جزءا قليلا جدا من الكمية الكلية للغاز. حيث انه يقدر بحدود 0.3سم^3 في كل 100سم^3 من الدم الشرياني.
2. **متحد بالهيموكلوبين** :- ينتقل معظم الاوكسجين متحدا مع الهيموكلوبين ويسمى الهيموكلوبين بعد اتحاده بالاوكسجين **بالاوكسي هيموكلوبين.**

ان كمية ما يوجد من الاوكسجين متحدا مع الهيموكلوبين تقدر بحوالي 19.5سم^3 في كل 100سم^3 من الدم الشرياني. لذلك تكون كمية الاوكسجين الموجوده في الدم الشرياني بصورة عامة حوالي 20سم^3 في كل 100سم^3 من الدم. اما في الدم الوريدي فان كمية الاوكسجين الكليه تكون بحدود 15سم^3 في كل 100سم^3 من الدم. وان هذا الاختلاف ناتج بسبب فرق الضغط الجزئي للاوكسجين بين الدم الشرياني والوريدي.

تتأثر قابلية اتحاد الهيموكلوبين بالأوكسجين بعدة عوامل منها:

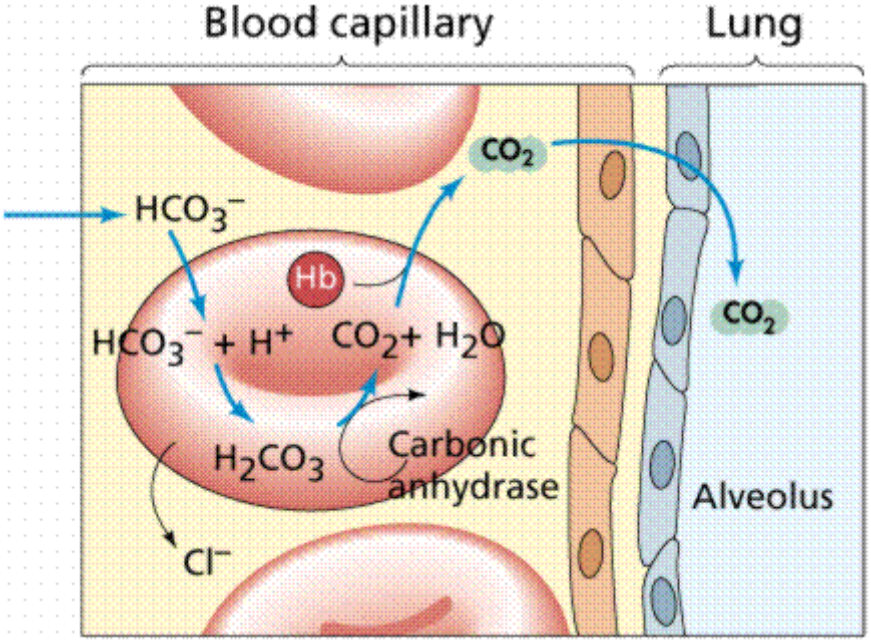
1. **الحرارة** :- تزداد قابلية الاتحاد عند انخفاض الحرارة وعلى العكس عندما تزداد الحرارة حيث تعطي كميات كبيره من الاوكسجين الى الخلايا تاركه الهيموجلوبين
2. **ال PH وعلاقتها بكمية ثاني اوكسيد الكاربون** :- فكلما ازدادت **PH** اصبح الدم اكثر قاعديه كلما زاد اتحاد بين الاوكسجين والهيموغلوبين، في حين يؤدي انخفاض PH الى زيادة اعطاء الاوكسجين من الدم الى خلايا الجسم.
3. **كمية او تركيز المادة المسماة 2,3-diphosphoglycerate الموجودة في الكريه الحمراء** :- فكلما ازادت هذه المادة كثر اعطاء الاوكسجين من الدم الى الخلايا والعكس صحيح.



انتقال ثاني اوكسيد الكاربون

عند وصول الدم الوريدي الى الشعيرات الدموية المحيطة بالأسناخ فان ثاني اوكسيد الكاربون ينفذ من الدم الى الاسناخ بسبب فرق الضغط بينهما وعندما يدخل ثاني اوكسيد الكاربون الى الدم فانه ينقل بصيغ التالية:

1. ينقل جزء منه على شكل غاز مذاب حوالي 5%
2. ينقل جزء منه متحدا مع البروتينات الموجودة في البلازما ومع الهيموجلوبين في الكريات الحمراء حولي 5%
3. ينقل معظم ثاني اوكسيد الكاربون على شكل بيكربونات حوالي 90%. ان معظم البيكربونات تتكون في كريات الدم الحمراء وذلك بسبب احتوائها على خمير معينه تسمى **carbonic anhydrase**



السيطرة على عمليه التنفس

ان عملية التنفس عمليه غير ارادية يسيطر عليها الجهاز العصبي المركزي وخاصتا المراكز العصبية الموجودة في **النخاع المستطيل medulla oblongata** وفي **الجسر pons**. من الممكن الاسراع في التنفس او وقفه لفتره زمنيه قصيره بصوره ارادية. ويتم هذا تحت سيطرة المراكز العصبية العليا.

يقسم المركز العصبي المسؤول عن التنفس الى المواقع التالية:-

1. مركز الشهيق

   يقعان في النخاع المستطيل وعلى كلتا الجهتين اليمنى واليسرى بصوره متناظره.

2. مركز الزفير

3. مركز الابنيوستك apneustic

   يقعان في الجسر وعلى كلتا الجهتين اليمنى واليسرى بصوره متناظره

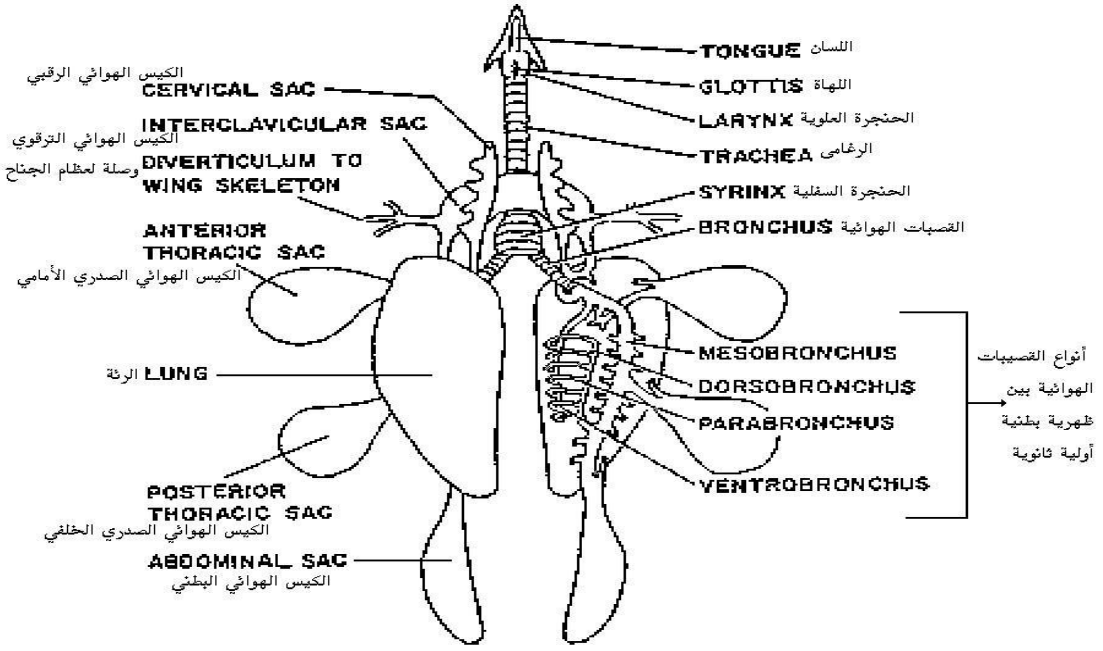
4. مركز النيموتاكسك pneumotaxic

التنظيم الكيميائي

ويتم بواسطة مستلمات كيميائية محيطية واخرى مركزية . فعند تنفس هواء يحتوي من ثنائي اوكسيد الكاربون فيرتفع تركيز هذا الغاز في كل من هواء الحويصلات وفي الدم الشرياني وهذا الارتفاع يحفز المستلمات الكيميائية والمحيطية مما يؤدي إلى زيادة نشاط الحركات التنفسية فارتفاع معدل التهوية وبالتالي انخفاض تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون في كل من الحويصلات الهوائية والدم الشرياني فتعود الحركات التنفسية إلى وضعها الاعتيادي .

تركيب الجهاز التنفسي في الطيور

يتكون الجهاز التنفسي فى الطيور من : الرئتين – الممرات الهوائية – العظام التنفسية – الأكياس الهوائية.



1. **الرئتين**: تمثلان حوالى 12 % من حجم الجهاز التنفسي لونهم أحمر وردى ونظرا لغياب النسيج الليفي (**الإسفنجي**) في الرئة فيكون اتساعها وانقباضها اقل من الثدييات أثناء التنفس ويؤدى تغير الضغط فى الأكياس الهوائية إلى دخول أو خروج الهواء من الرئة.
2. **الممرات التنفسية**: وهى الطرق التي يمر منها الهواء من والى الرئتين ، الفتحات الأنفية ومنها إلى البلعوم ومنه إلى الحنجرة الأمامية ومنها إلى القصبة الهوائية ومنها إلى الحنجرة الحلقية (**عضو الصوت**) ومنها الى الشعب الهوائية ثم إلى الشعيبات الهوائية وأخيرا إلى الرئتين.
3. **العظام التنفسية**: وهى العظام التي تتصل بالجهاز التنفسي وهى عظام مفرغة مملوءة بالهواء وهى: عظام الجمجمة- العضد – القص – الترقوة – فقرات القطن والعجز.
4. **الأكياس الهوائية** :تتصل الأكياس الهوائية بالعظام التنفسية وهناك 9 أكياس هوائية كالتالي :
   a) زوج من الأكياس الهوائية البطنية .
   b) زوج من الأكياس الهوائية الصدرية الأمامية .
   c) زوج من الأكياس الهوائية الصدرية الخلفية .
   d) زوج من الأكياس الهوائية العنقية .
   e) كيس هوائي واحد بين ترقوى

وتتلخص وظيفة الأكياس الهوائية في الآتي : تنظيم درجة حرارة الجسم – تنظيم درجة حرارة الخصيتين مما يساعد على تكوين **السبيرمات** – رفع ضغط الهواء داخل الجسم مما يقلل من الوزن النوعي للطائر ويساعد على الطيران. ونظرا لغياب الغدد العرقية في الطيور يعتبر التنفس هو الوسيلة الأساسية للتخلص من حرارة الجسم عن طريق بخار ماء التنفس.