اسم المادة : علم الفسلجة (علم وظائف الأعضاء) PHYSIOLOGY

اسم المحاضرة : فسيولوجيا الجهاز التنفسي

رقم المحاضرة : (4)

المراجع المعتمدة/

١. العلوجي ، صباح ناصر (٢٠١٤) . علم وظائف الاعضاء ، الطبعة الثالثة.

٢. زيتون ، عايش . (٢٠٠٨) . علم حياة الانسان ، الطبعة الاولى – الاصدار الرابع.

٣. يوسف محمد عرب ، صباح ناصر العلوجي ، فاروق ناجي كرماشة ، مروان عبد الرحيم . (١٩٩٨) فسيولوجيا الحيوان . جامعة بغداد.

٤. ضياء حسن الحسني ، صادق محمد امين الهيتي (١٩٩٠) . فسلجة الحيوان . جامعة بغداد.

٥. بعض المواقع الالكترونية للتعزيز بالاشكال والمخططات التوضيحية.

RESPIRATORY SYSTEM الجهاز التنفسي

ان بلايين الخلايا في اجسامنا تحتاج الى الطاقة للقيام بواجباتها ، ولإطلاق هذه الطاقة من الجزئيات المعنية لابد من توفر الاوكسجين . ان جزيئات الطاقة تحتوي ذرات الكاربون وعند احتراق تلك الجزيئات بوجود الاوكسجين تطلق طاقة ويتكون ثنائي اوكسيد الكاربون . وعليه تحتاج خلايانا الى آلية لتزويدها بالأوكسجين وتخليصها من ثنائي اوكسيد الكاربون ، ويتم ذلك من خلال الجهاز التنفسي .

التنفس Respiration :

التنفس بمعناه الواسع هو التبادل الغازي بين الكائن الحي والمحيط الخارجي ويتميز بأخذ الاوكسجين وطرح ثنائي اوكسيد الكاربون ، وتستطيع الكائنات الحية الصغيرة ان تحصل على كفايتها من الأوكسجين بأخذه من المحيط عن طريق سطح الجسم العام بعملية الانتشار كما انها تتخلص من ثنائي أوكسيد الكاربون بنفس الطريقة ويرجع ذلك الى صغر الحجم وكبر نسبة السطح الى الحجم ، في حين الكائنات الحية ذات الحجم الاكبر تحتاج الى جهاز تنفس واخر للدوران لضمان تبادل كافي للغازات بين ا لكائن والمحيط ووصول كميات كافية من الاوكسجين الى الانسجة .

❖ يشمل مفهوم التنفس عدة عمليات هي :

١) التهوية Ventilation : او ما تسمى بالحركات التنفسية التي تسبب دخول الاوكسجين O_2 الى الرئتين بعملية الشهيق Inspiration وخروج ثاني اوكسيد الكاربون Co_2 الى الهواء الجوي بعملية الزفير Expiration.

٢) التبادل الغازي Gas Exchange : بين الهواء الخارجي والدم اذ يحمل الدم بالاوكسجين ويخلص من ثاني اوكسيد الكاربون .

٣) نقل الغازات Gas Transport : نقل الغازات الموجودة في الدم الى الانسجة .

٤) التنفس الخلوي Cellular Respiration : استخدام الاوكسجين ضمن سلسلة من التفاعلات الايضية المعقدة لتحطيم جزيئات الغذاء الموجودة في الخلايا مثل الكلوكوز واطلاق الطاقة منها وتحرير ثاني اوكسيد الكاربون .

❖ بعض العلماء صنفوا العمليات السابقة باسلوب اخر كالاتي :

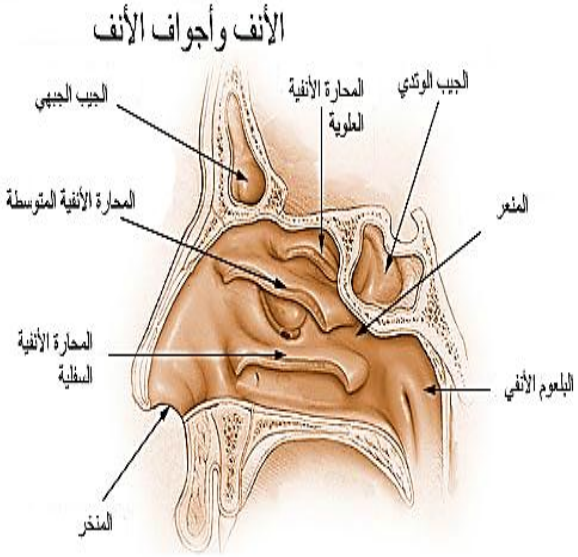
١) التنفس الخارجي External respiration : هو عملية التبادل الغازي بين الدم والمحيط الخارجي (الهواء أو الماء) .

٢) التنفس الداخلي Internal respiration : هو عملية التبادل الغازي بين الدم وخلايا الجسم .

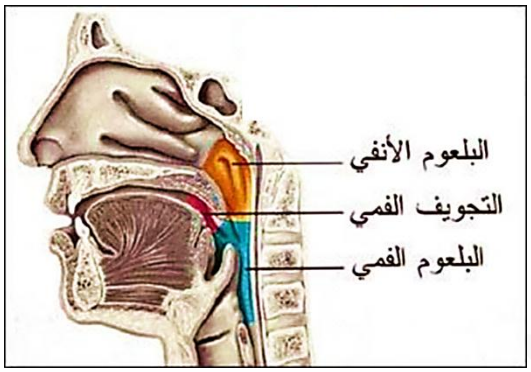
٣) التنفس الخلوي Cell respiration : هو ما يحدث داخل الخلايا من تحرر الطاقة من المواد الغذائية بعملية الهدم الغذائي ويشتمل على العديد من الخطوات التي تشترك فيها انزيمات تنفسية ومساعدات انزيمات .

❤ مكونات الجهاز التنفسي Respiratory components :

- **الاعضاء المكونة للجهاز التنفسي هي :**

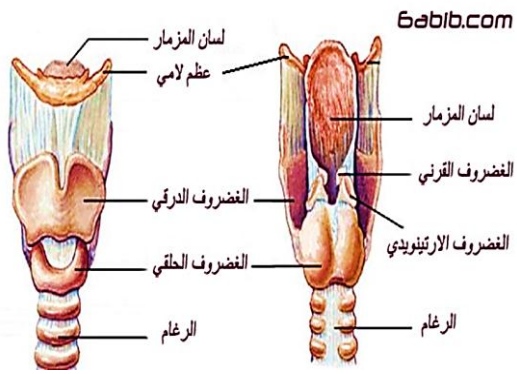


١) الانف Nose : ينقسم الأنف الى جزء أيسر وآخر أيمن يفصل بينهما حاجز غضروفي في جزئه الأمامي وعظمي في جزئه الخلفي . يدخل الهواء الى الانف من خلال فتحتين تسميان المنخرين (فتحتين منخر خارجية External Nares و فتحتين منخر داخليتين Internal Nares) ، وجود تجويف انفي كبير يمتد اعلى الفم ويفتح في هذا التجويف فتحات ضيقة تسمى جيوب جار انفية (الجيوب) Paranasal Sinuses عددها اربعة جيوب ، يعمل الانف على تنيقة الهواء من الغبار والشوائب بواسطة الشعر. وتقوم الأهداب التي تغطي سطح الغشاء المخاطي في الانف بتوزيع المادة المخاطية على سطح البطانة حيث تلتقط الفضلات. ويوجد تحت بطانة الانف شبكة من الاوعية الدموية التي تساعد في تدفئة الهواء الداخل ، بالاظافة الى الوظائف غير التنفسية كالشم وتفخيم الصوت .



٢) البلعوم Pharynax : قمع عضلي يمتد حوال ١٣ سم من التجويف البلعومي الى الحنجرة وله ثلاث مناطق :

- بلعوم انفي Nasopharynx
- بلعوم فمي Oropharynx
- بلعوم حنجري Laryngopharynx .



٣) الحنجرة Larynx : او صندوق الصوت voice box حجرة غضروفية حوالي ٤ سم طولا تحتوي على لسان المزمار Epiglottis الذي يمنع الغذاء والماء من الدخول الى الممرات التنفسية بالاضافة الى وظيفتها في تكون الاصوات .

٤) القصبة الهوائية (الرغامي) Trachea : يبلغ طولها حوالي ١٢ سم وقطرها ٢.٥ سم .

جدار القصبة يتركب من ثلاث طبقات

I. طبقة مخاطية Mucous layer
II. تحت مخاطية ذات غدد دهنية Under mucous with fatty glands
III. غضروفية Cartilaginous layer : تتكون من مجموعة من الغضاريف الحلقية Cartilage يتراوح عددها بين (١٦ – ٢٠) حلقة شبيهة بحرف C الانكليزي حيث تتجه نحو الخلف باتجاه المريء لتسمح له بالتمدد قليلا باتجاه القصبة الهوائية اثناء ابتلاع الطعام . تغلق فتحة الغضاريف بواسطة عضلات ملساء عرضية تشكل معا عضلة الرغامي Trachealis muscle يخالجها بعض الالياف المرنة .

يؤدي تقلص العضلة الرغامية الى ضيق في قطر الرغامي مما يسرع هواء الزفير الخارج من خلاله وبالتالي يساعد على اخراج المخاط من الرغامي بسرعة تزيد عن ١٦٠ كم/ساعة ، كما يحدث كذلك عند العطس والسعال .

وظيفة الحلقات الغضروفية تتمثل في دعم الرغامي ليبقى مفتوحا بشكل مستمر فلا ينخسف نحو الداخل ، لكن هذه الحلقات الغضروفية لا تقوى احيانا على مقاومة الضغط الشديد عليها (كما لا تقوى على ذلك غضاريف الحنجرة) اثناء محاولات الخنق بالقبض على الرقبة او اثناء سقوط اجسام ثقيلة على الصدر والرقبة .

تتكون الطبقة المخاطية من نسيج طلائي عمادي كاذب مهدب ، وتؤدي حركة الاهداب الى احداث تيار صاعد للافرازات المخاطية للغدد الموجودة في الطبقة تحت المخاطية يدفع معه ما يعلق بالمخاط من غبار وجراثيم واجسام غريبة نحو الحنجرة فالبلعوم حيث تبتلع او تخرج على هيئة بصاق .

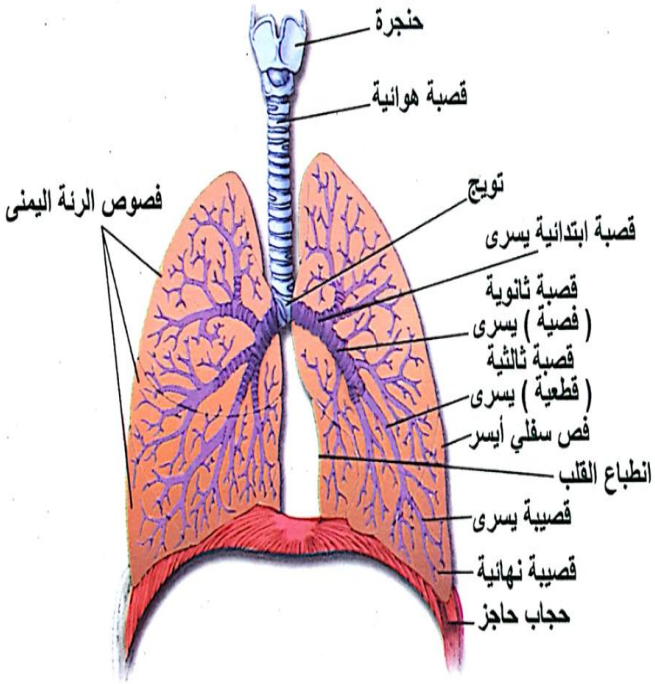
يفُرز المخاط بواسطة خلايا كوبلت Gobelt cells فيصُطاد المخاط معظم الجزيئات، كما ان خلايا الكلوبيولين المناعي تقوم بقتل كثير من الاحياء المجهرية المستنشقة بعملية التنفس Breathing .

من الجدير بالذكر ان احدى مضار التدخين تكمن في انه يسبب شللا لاهداب الطبقة المخاطية مما يجعل المخاط يتحرك نحو الاسفل بفعل الجاذبية الارضية حيث يتراكم بالرئتين ، يحدث هذا التراكم تهيجاً في القصبات مما يعطي منعكس القحة المميزة للمدخنين (قحة المدخنين Cough smokers)

تتفرع القصبة الهوائية الى :

A) قصبة هوائية (الشعب الهوائية) اولية يمنى Primary Right Bronchi

B) قصبة هوائية (الشعب الهوائية) اولية يسرى Primary Left Bronchi

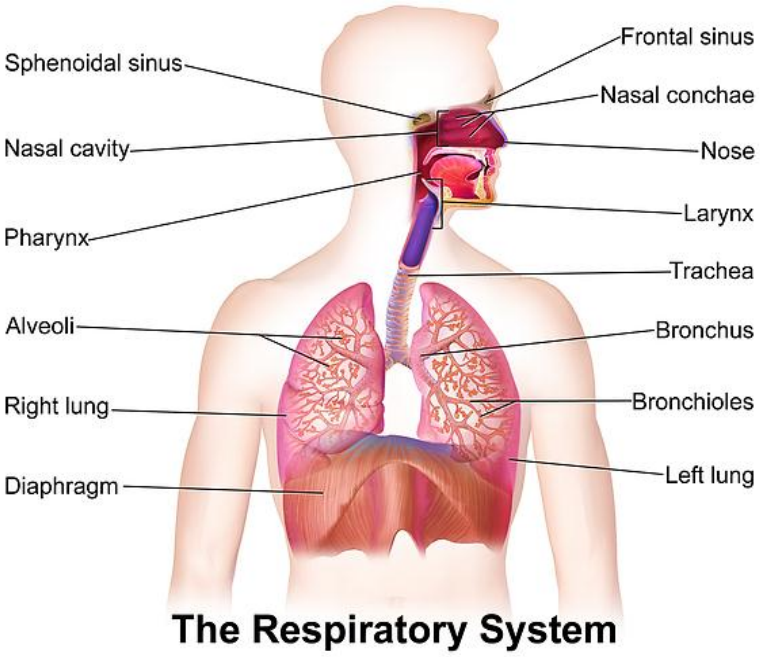


تدخل كل قصبة اولية الرئة Lung الموالية لها عند منطقة تدعى السرة Hilus ، وتكون القصبة الاولية اليمنى اقصر واوسع واشد ميلاً من اليسرى لذلك فان احتمال دخول الاجسام الغريبة الى الرئة اليمنى يكون اعلى عند ابتلاع هذه الاشياء دون قصد .

تتفرع كل قصبة اولية الى قصبات ثانوية الهوائية (الشعب الهوائية) Secondary Bronchi (فصية Lobar) كل منها يدخل الى فصوص الرئة وهي ثلاثة للرئة اليمنى واثنان للرئة اليسرى .

تتفرع القصبات الثانوية الى قصبة ثالثة Tertiary والاخيرة تتفرع مرة اخرى الى ٢٣ او فرع دقيقا جداً من الممرات التنفسية تدعى القصيبات Bronchioles ، اما القصيبات التي يقل قطرها عن ٠.٥ ملم تدعى قصيبات نهائية Terminal Bronchioles والتي تتنتهي بالحويصلات الهوائية Alveoli .

٥) الرئتان Lungs : تتكون الرئتان من نسيج اسفنجي Spongy parenchyma يحتوي على التفرعات القصبية ، شكلها مخروطي ولها قمة تصل حتى عظم الترقوة من الاعلى، وقاعدة واسعة مقعرة قليلا تستقر فوق الحجاب الحاجز Diaphragm ، الرئة اليسرى اصغرا حجما من اليمنى ربما بسبب ميل القلب نحو الجانب الايسر وبسبب وجود القلب يوجد على جانبها القريب من خط المنتصف للجسم تقعر خفيف يدعى انطباع القلب Cardiac impression ، تقسم الرئة اليسرى الى فصين بينما اليمنى تقسم الى ثلاثة فصوص ، ويجهز كل فص من هذه الفصوص المذكورة تجهيزاً هوائياً ودموياً خاصا بها .



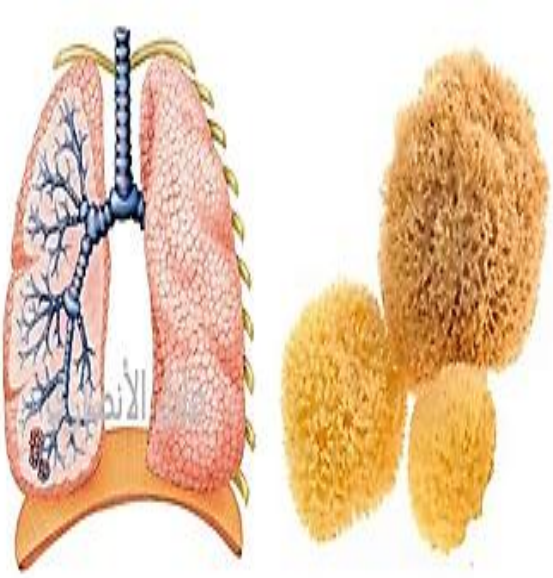
The Respiratory System

تدعى مجمل مكونات الجهاز التنفسي بالقناة التنفسية Respiratory canal ويمكن تقسيم الاخيرة الى قسمين :

القناة التنفسية العليا upper respiratory tract وتشمل كل من (الانف ، البلعوم ، الحنجرة) القناة التنفسية السفلى Lower respiratory canal وتشمل (القصبة الهوائية ، الرئتين) .

كل من الانف والبلعوم والحنجرة والقصبة الهوائية وصولا الى الرئتين تسمى قسم التوصيل للجهاز التنفسي Conducting Part والذي يعمل على ايصال الهواء الى القسم الفعال Effective part من الجهاز التنفسي والمتمثل بالحويصلات الهوائية Alveoli .

Respiration in human التنفس في الانسان



تمتاز الرئتان بقوام اسفنجي لاحتوائها على عدد كبير من التجاويف الصغيرة التي تعرف بالحويصلات alveoli والحويصلة هي الوحدة الوظيفية في الرئة اما بقية التراكيب فهي لإيصال الهواء او الدم اليها .

تحاط الرئتين بغشاء مصلي مزدوج يعرف Serous membrane او غشاء الجنب pleura (اذ يعرف الغشاء الذي يحيط بالرئتين مباشرة بغشاء الجنب الاحشائي visceral pleural ، في حين يعرف الغشاء المصلي المبطن لتجويف القفص الصدري بغشاء الجنب الجداري parietal pleural ويطلق على الفسحة بين الطبقتين بالتجويف الجنبي Pleural cavity وتكون مملوءة بسائل انزلاقي لمفاوي يفرزه غشاء الجنب يسمى سائل الجنب Pleural fluid يعمل على منع احتكاك الغشائيين الجنبين خلال عملية الشهيق التي تتمدد فيها الرئتين).

يدخل الهواء الى جسم الانسان من فتحتي المنخرين، اللذان يعملان على تصفية وترطيب وتعديل درجة حرارة الهواء الداخل من خلالهما و يمر الهواء بالبلعوم والحنجرة والقصبة الهوائية والقصيبات التي تنتهي بفروع ادق تشكل في نهايتها جيوباً تعرف بالجيوب السنخية وتتسع جدران هذه الجيوب مكونة ما يعرف بالاسناخ (اكياس حويصلية) Alveolar sacs التي يبلغ عددها ٣٠٠ - ٥٠٠ مليون حجيرة في كلا الرئتين ، تحاط كل حجيرة بجدار مكون من صف واحد من الخلايا الظهارية المسطحة (الحرشفية) يغطية سائل خاص يعمل على جعل السطح رطباً دائماً ، وتغذيه من الخارج شبكة الاوعية الدموية الشعرية وتبلغ مساحة جدران الاسناخ المتاخمة للاوعية الشعرية حوالي ٧٥ متر مربع ، وهذه المساحة تزيد عن مساحة الجسم بحوالي ٤٠ مرة تقريبا .

❤ اللقاء بين الهواء والدم :

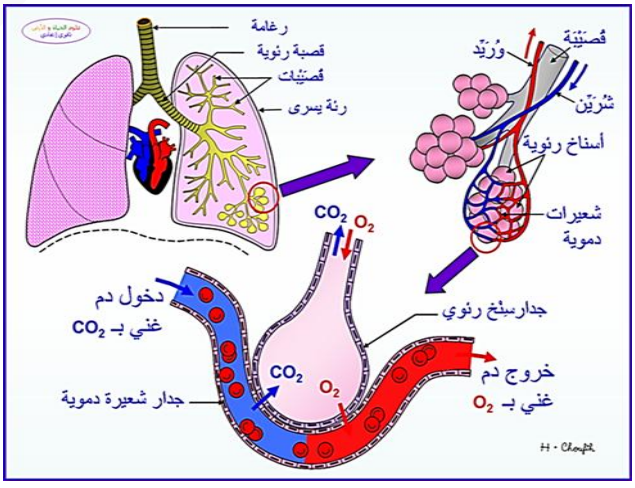
يتم تبادل الاوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون عن طريق الانتشار عبر أغشية حوصلات الرئة وأغشية الشعيرات الدموية . يسمى مكان اللقاء بين الدم والهواء بالغشاء التنفسي وهو يتكون من :

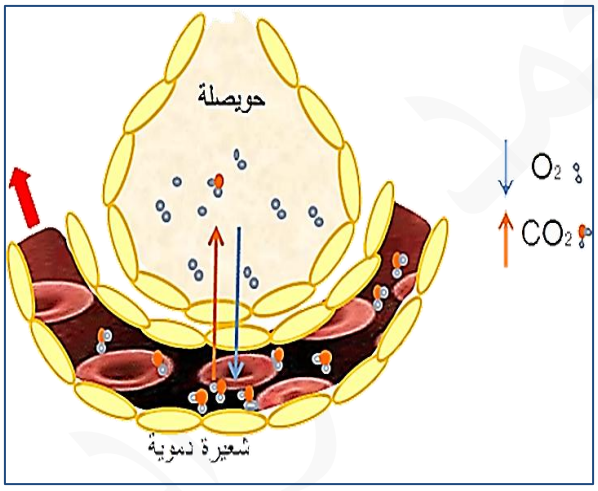
١) غشاء الحوصلة الرئوية المتشكل في نسيج طلائي حرشفي بسيط (من طبقة خلوية واحدة)

٢) غشاء الشعيرة الدموية المتشكل من نسيج طلائي حرشفي بسيط (من طبقة خلوية واحدة).

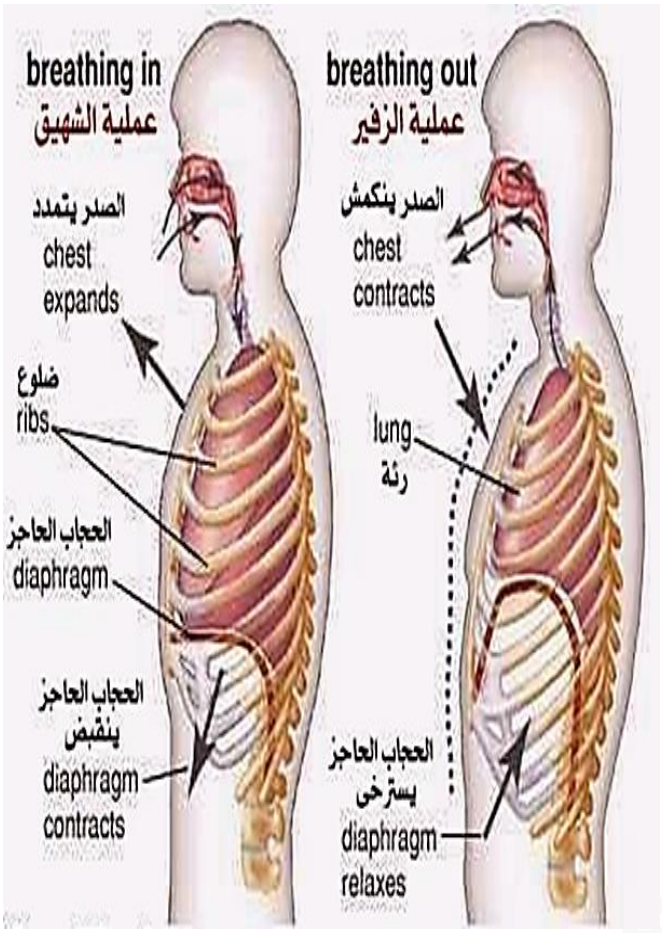
٣) غشاء قاعدي خارج كل من الغشاءين المذكورين .

وتجدر الملاحظة هنا الى ان سمك هذا الغشاء لا يتجاوز ٠.٠٠٠٥ ملم ويوجد في جدار هذا الغشاء خلايا أكولة وخلايا ليفية وخلايا عضلية وألياف مرنة وخلايا حوصلية كبيرة تمنع انهيار حوصلات الرئة .





❤ التهوية في الانسان (الحركات التنفسية) Ventilation:-



يقصد بالتهوية ventilation هو تجدد الهواء في الحويصلات الهوائية ويتم ذلك بعملتي الشهيق Inspiration والزفير Expiration .

الشهيق هو عملية ايجابية يصرف فيها جهد من قبل العضلات التنفسية وهي العضلات ما بين الاضلاع Intercostal muscles والحجاب الحاجز Diaphragm والعضلات البطنية ، ونتيجة التقلص العضلات ما بين الاضلاع تتخذ الاضلاع وضعاً افقياً بعد ان كانت مائلة الى الاسفل قليلاً وكذلك تتقدم نهاياتها الى الامام ويؤدي ذلك الى توسع القفص الصدري ومما يزيد من هذا التوسع هو تقلص عضلات الحجاب الحاجز واتخاذ هذا العضو وضعاً مستوياً بعد ان كان محدباً الى الاعلى ، ويؤدي توسع القفص الصدري الى انخفاض الضغط في تجاويف الجنب pleural cavity وبالتالي الى انخفاض الضغط داخل الحويصلات الرئوية فيدخل الهواء الى الرئتين لتغلب الضغط الجوي على الضغط داخل الحويصلات الهوائية .

اما الزفير فهو عملية سلبية تتم نتيجة لارتخاء العضلات التنفسية ورجوع الاضلاع والحجاب الحاجز الى وضعها الاول .

ان الممرات التنفسية العليا تعمل اكثر من كونها ممر هوائي ، فهي تلعب دور مهم في تكييف الهواء قبل وصوله الى الحويصلات الرئوية ويتمثل هذا التكيف بثلاث نقاط هي :

١) تدفئة الهواء الى ٣٠ مْ ولهذا فأن درجة حرارة الجسم المركزية لا تتغير ، ولا يحدث اي ضرر للحويصلات في حالة برودة الهواء .
٢) اضافة بخار الماء لحين وصول رطوبة الهواء الى ١٠٠ % ولهذا لا يحدث جفاف للطبقة الطلائية .
٣) ترشح المواد الغريبة ولهذا فأن كل من الفايروسات ، البكتريا ، الجزيئات الكبيرة غير العضوية لا تصل الى الحويصلات الرئوية .

❤ الحجوم التنفسية وسعات الرئتين Volume and capacity of the lungs:-

١. الحجم المتناوب (الحجم الموجي) Tidal Volume (TV) : وهو يمثل حجم الهواء الذي يدخل الى الرئتين أو يخرج منهما اثناء التنفس الاعتيادي (الراحة) ويقدر بحوالي ٥٠٠ سم^{٣} .

٢. الحجم الشهيقي الاحتياطي (اوالشهيقي القصري)(I RV) (Inspiratory Reserve Volume)

وهو حجم الهواء الداخل الى الرئتين بأعمق شهيق مستطاع بعد الشهيق الاعتيادي ، وهي تقدر بحوالي ٢٥٠٠ سم^{٣} – ٣٠٠٠ سم^{٣}.

٣. الحجم الزفيري الاحتياطي (الزفيري القصري) (ERV) Expiratory Reserve Volume :

وهو حجم الهواء الخارج من الرئتين بأعمق زفير مستطاع بعد زفير اعتيادي ، وتقدر بحوالي ١٥٠٠ سم^{٣}.

- **مما تقدم يمكن احتساب الآتي:**

سعة الشهيق I.C. = الحجم الموجي (المتناوب) + حجم الشهيق القصري

= ٥٠٠+ (بفرض ٢٥٠٠) = ٣٠٠٠ سم ٣

سعة الزفير E.C. = الحجم الموجي + حجم الزفير القصري

= ٥٠٠ + ١٥٠٠ = ٢٠٠٠ سم ٣

٤.السعة الحيوية Vital Capacity (VC)

حجم الهواء الداخل الى الرئتين والخارج منها (باعمق شهيق مستطاع واقوى زفير مستطاع (وخاصة اثناء مزاولة الرياضة والاعمال الشاقة) ويبلغ حوالي ٤٥٠٠ سم^{٣} .

والسعة الحيوية تعد مقياساً لسلامة الرئتين اذ تقل هذه السعة في عدد من المصابين بأمراض الجهاز التنفسي، فهي تمثل مجموع ما تقدم (TV + I RV +ERV) = ٤٥٠٠ سم^{٣}

٥- الحجم المتبقي Residual Volume (RV)

كمية من الهواء المتبقي في الحويصلات حتى بعد اعمق زفير ممكن وتقدر بحوالي ١٣٠٠ سم^{٣} .

وعلى هذا فان حجم الهواء الكلي الذي يمكن ان تستوعبه الرئتان هو السعة الحيوية والحجم المتبقي اي حوالي ستة التار (٦٠٠٠ او ٦٥٠٠ سم^{٣}) ويعرف هذا بالسعة الرئوية الكلية Total capacity (TC) .

جزء من الهواء الداخل الى الرئتين لا يصل الى الحويصلات الهوائية وانما يملأ المجاري التنفسية كالمنخرين والقصبة الهوائية والقصيبات وبالنظر لعدم تخصص جدران هذه الاعضاء للتبادل الغازي فان هذا الجزء من الهواء لايشترك في تزويد الدم بالأوكسجين لذا يدعى بالحيز الميت Dead space (DS) و تقدر قيمته حوالي ١٥٠ سم^{٣}

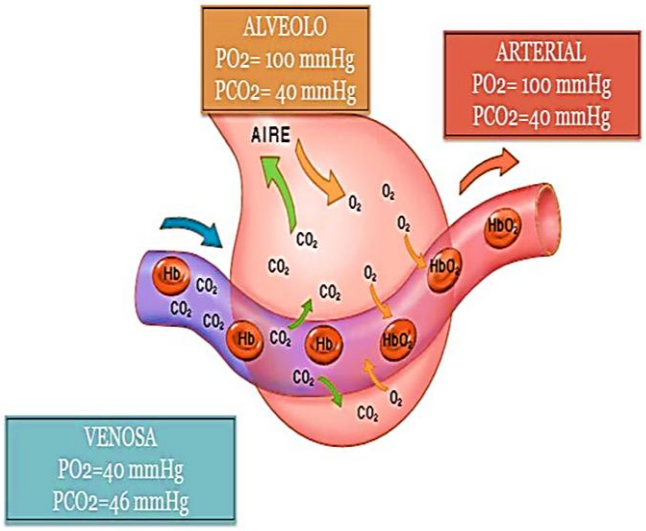
اي انه اثناء التنفس الهادئ يتجدد حوالي ٣٥٠ سم^{٣} من هواء الحويصلات الرئوية والبالغ ٣٥٠٠ سم^{٣} على الرغم من ان الحجم المتناوب هو ٥٠٠ سم^{٣} .

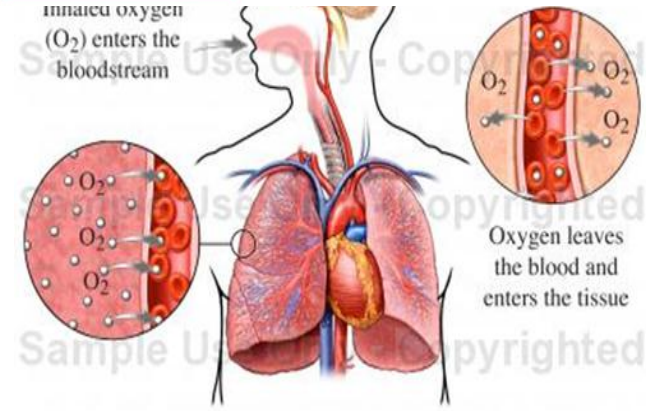
اما اثناء مزاولة الرياضة العنيفة يتجدد اكثر من اربعة التار من هواء الحويصلات البالغ حوالي ستة التار .

❤ التبادل الغازي في الرئتين وفي الانسجة :

هناك نظريات لتفسير التبادل الغازي ومن اهمها :

النظرية الفيزيائية : والتي تعرف بنظرية الانتشار حيث تفسر التبادل الغازي حسب التباين في ضغوط الغازات وهذه النظرية هي المعول عليها في تفسير هذه الظواهر حتى الآن . اما باقي النظريات فلم تؤكد حتى الآن .





يبلغ الضغط الجزيئي للاوكسجين PO_2 في الدم الوارد الى الرئتين (الدم الوريدي) حوالي ٤٠ ملم زئبق اما الضغط الجزيئي لثاني اوكيد الكاربون PCO_2 حوالي ٤٦ ملم زئبق.

وبما ان PO_2 و PCO_2 في هواء الحويصلات يبلغان عادة ١٠٠ (او ١٠٤) ملم زئبق و ٤٠ ملم زئبق على التوالي لذا فان هناك زيادة في PO_2 في الحويصلات بالمقارنة مع الهواء الوارد الى الدم وزيادة في PCO_2 بالاتجاه المعاكس .

يحدث تدفق الهواء عندما يكون هناك ضغط انحدار ادنى Down Pressure Gradient فتدفق الهواء يشبه تدفق الدم حيث ينتقل من منطقة مرتفعة بالضغط الى منطقة منخفضة الضغط ، وبفعل حركة الصدر خلال عمليةُ التنفس تخلق حالات ضغطية متغيرة داخل الرئتين ، وبذلك ينتقل O_2 من الحويصلات الى الدم والـ CO_2 من الدم الى الحويصلات بعملية الانتشار البسيطة .

وعملية الانتشار هذه سريعة لان السطح الذي يحدث خلاله واسع جداً كما ان سمك الغشاء الفاصل بين هواء الحويصلات والدم لا يتجاوز خليتين وكنتيجة لهذين العاملين يتم توازن سريع من الهواء والدم بالرغم من ان الفترة الزمنية التي يستغرقها مرور الدم خلال الرئتين هي اقل من ثانية واحدة وعلى هذا فان PO_2 و PCO_2 في الدم الذي يترك الرئتين (الدم الشرياني) هما ١٠٤ و ٤٠ ملم زئبق على التوالي.

اما في الانسجة فيحدث العكس اي ان الاوكسجين ينتقل من الدم الى الانسجة لان PO_2في الدم اعلى منه في الانسجة والحالة معكوسة بالنسبة لثاني اوكسيد الكاربون .

ان قيمة كل من PO_2 و PCO_2 في الانسجة غير معروفة لصعوبة قياسها من جهة ولأنها دائمة التغير من الجهة الاخرى وهي تعتمد على درجة فعالية الانسجة .

❤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 .

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 الاوكسجين :

يتم تجهيز الدم بالاوكسجين بوساطة الرئتين ، ويعتمد تجهيز الاوكسجين الى النسيج المعني (النسيج الهدف) على عدة عوامل ، يمكن ايجازها بالاتي :

١. كمية الاوكسجين الداخل الى الرئتين.

٢. الكمية الكافية من الغاز المتبادل.

٣. كمية الدم القادمة الى النسيج .

٤. كفاءة الدم في حمل الاوكسجين.

اما كمية الاوكسجين في الدم فتتحدد بالحالات الاتية:

أ. كمية الذائب منه في الدم. ب. كمية الهيموكلوبين في الدم. ج. درجة الفة الهيموكلوبين للاوكسجين.

* ويوجد الاوكسجين في الدم بالاشكال الاتية :

١. ذائباً في الدم : ويمثل نسبة قليلة جداً (١-٣%) ، وهو يعادل ٣ سم٣/لتر من الدم تقريباً.

٢. متحداً بهيموكلوبين الدم : يمثل الشكل الغالب (٩٧-٩٩ %) وهو يعادل ١٩٧ سم٣/لتر من الدم تقريباً.

باستطاعة الدم حمل كمية كبيرة من الأوكسجين بالرغم من أن قابلية ذوبانه في الماء واطئة جدا" ويرجع السبب في ذلك إلى وجود الهيموكلوبين الذي يتحد بسهولة مع الأوكسجين . هذا الاتحاد راجع وسريع ولهاتين الخاصيتين أهمية حيث يستطيع الهيموكلوبين أن يتحد مع الأوكسجين في الرئتين بنفس السهولة التي يستطيع معها التحلل منه في الانسجة .

يوجد الهيموكلوبين بشكلين في الدم هما **الهيموكلوبين المختزل Hb والهيموكلوبين المؤكسج HbO_2** . تختلف نسبة هذين النوعين من الهيموكلوبين في الدم وتعتمد على كمية الأوكسجين المتوفر .

إذا عرض الدم لمدة كافية إلى الهواء فانه يتشبع بالأوكسجين وفي هذه الحالة يكون ٩٨% من الأوكسجين باتحاده مع الهيموكلوبين وأما ٢% الباقية فهو بشكل ذائب في المصل ، حسب المعادلة الآتية :

$$Hb + O_2 \leftrightarrows HbO_2$$

وهذا التفاعل يكون سريع وراجع لكي يستطيع الهيموكلوبين ان يتحد مع O_2 في الرئتين بسهولة ويتحلل منه في الانسجة بسهولة .

ومن الجدير بالذكر ان كل غرام من Hb له قابلية الاتحاد بـــ ١.٣٤سم^3 من O_2 ، اي لو فرضنا ان معدل الهيموكلوبن هو ١٥ /١٠٠ سم^3 من الدم فانه سيتمكن من حمل ٢٠.١سم^3 من الاوكسجين.

15×1.34= 20.1 سم3 من الاوكسجين / 100سم3من الدم

ويطلق على هذا بسعة الاوكسجين للدم Oxygen capacity of blood وتعني كمية الاوكسجين التي يحملها الدم عندما يكون الضغط عالي جداً وعندما يكون الهيموكلوبين مشبعاً بالأوكسجين .

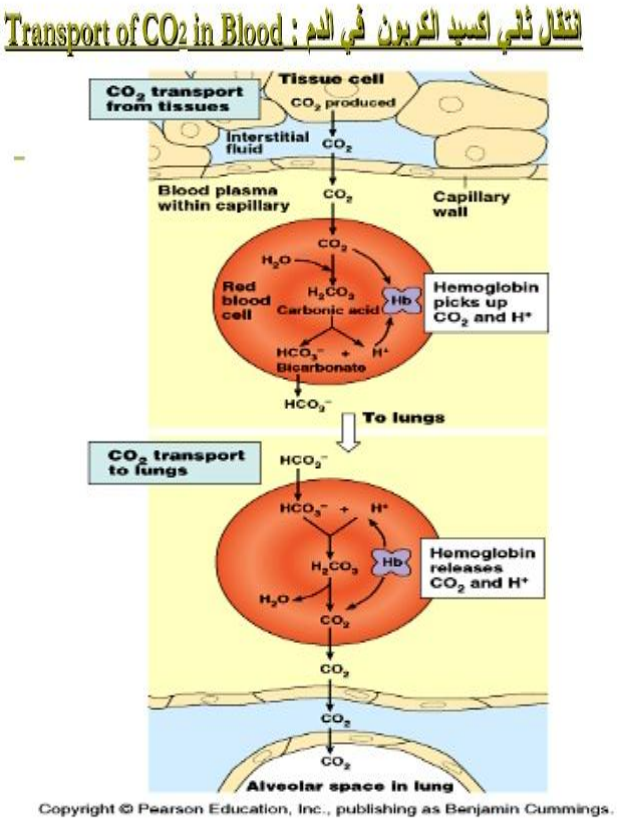
تتأثر قابلية اتحاد الأوكسجين بالهيموكلوبين بعدة عوامل أهمها كمية ثنائي اوكسيد الكاربون ودرجة الحرارة . فوجود كمية كبيرة من CO2 يقلل من كفاءة الاتحاد، وانخفاض CO_2 في الدم يزيد من هذا الاتحاد وتدعى هذه الظاهرة بتأثير بوهر (بور) Bohr Effect . و لظاهرة تأثير بور أهمية وظيفية :

اذ يساعد في الرئتين على تسهيل اتحاد O_2 مع Hb وفي الانسجة على تحلل HbO_2 إلى Hb و O_2 بسهولة ايضاً . أما ارتفاع درجة الحرارة فإنها تقلل من قابلية اتحاد O_2 مع Hb والعكس بالعكس . ولهذا التأثير أهميته الوظيفية أيضا" فعند قيام الانسجة بفعاليات عالية ترتفع درجة حرارتها قليلا" وهذا يساعد على تسريع تحلل HbO_2 وبالتالي تزود الانسجة بكمية إضافية من الأوكسجين ، أما عند برودة الانسجة فقد يكون تحرر الأوكسجين من الهيموكلوبين غير كاف لاحتياجات الخلايا . وهذا ما يحدث فعلا" عندما تصاب الأصابع بالانجماد Frost فتموت أنسجة الأصابع اختناقا" .

❤ نقل ثنائي اوكسيد الكاربون :

ان كمية CO_2 في الدم اعلى من كمية O_2 فيه وتبلغ كمية CO_2 في الدم الوريدي ٥٣ سم^3/١٠٠ سم^3 من الدم وفي الدم الشرياني ٤٨ سم^3/ ١٠٠ سم^3 وخلال مرور الدم في الانسجة يكتسب كل ١٠٠سم^3 منه ٥ سم^3 من CO_2 ، ويفقد المقدار ذاته عند مروره خلال الرئتين . ويبلغ PCO_2 في الدم الشرياني ٤٠ ملم زئبق وفي الدم الوريدي ٤٦ ملم زئبق .

يوجد ثنائي اوكسيد الكاربون في الدم بأربعة اشكال هي :-



١) ذائب في الدم ذوباناً طبيعيا وتبلغ نسبته حوالي ٤%من الكمية الكلية

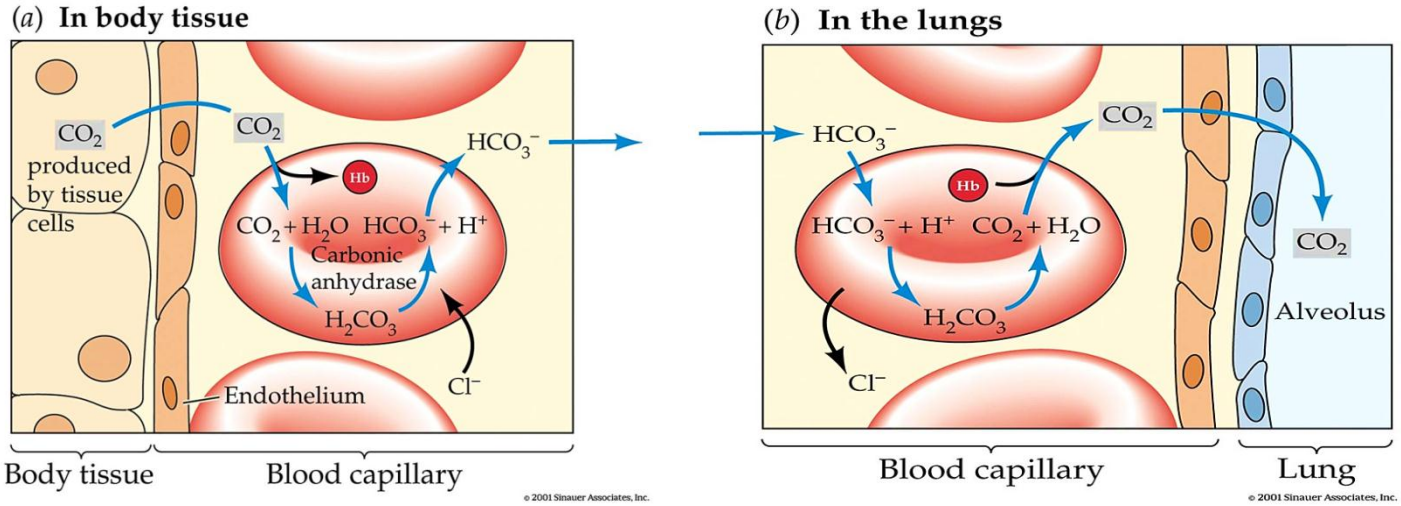
٢) متحد مع الماء مكونا حامض الكاربونيك H_2CO_3 ونسبته لا تتجاوز ١%.

٣)مكونا بيكاربونات وهذه تنتج من تأين H_2CO_3 الى HCO_3^- و H^+ ان البيكاربونات تشكل حوالي ٦٥% من الموجود في الدم .

٤) متحد مع الهيموكلوبين وبروتينات الدم الاخرى والنسبة هي ٣٠% ويتم الاتحاد بين CO_2ومجموعة NH_2 الموجودة في البروتين ويدعى المركب الناتج بالكاربأمينات وتتميز باحتواءها على المجموعة الكيميائية الكاربامين NHCOOH .

ان معظم CO_2 ينتقل في الدم على شكل بيكاربونات ناتجة من اتحاد CO_2 مع H_2O وتكوين H_2CO_3 ومن ثم يتحلل الاخير الى HCO_3 و H (لذا فان البيكربونات تعد من اهم اشكال نقل الـ CO_2).

ان اتحاد CO_2 مع H_2O عملية بطيئة جدا **الا اذا توفر انزيم خاص** يعرف Carbonic anhydrase ويكاد هذا الانزيم معدوما في المصل ولكنه يوجد بكميات كافية في الكريات الحمراء لذا فان هذه التفاعلات تحدث داخل هذه الكريات وينتج من هذا التفاعل ايونات الهيدروجين التي يجب ان تزال من الدم والا ادى ذلك الى زيادة حموضة الدم. ويتم ازالة بعض ايونات الهيدروجين بواسطة الهيموكلوبين والجزء الاعظم بواسطة Buffers اخر من الدم كما ان جزء اخر منها يتم طرحه بواسطة الكليتين .



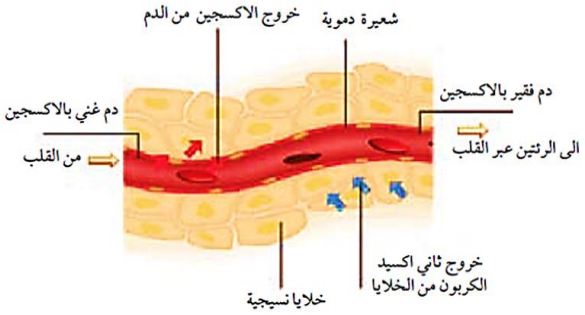
❤ انواع التبادل الغازي

١- **التبادل الرئوي** Pulmonary exchange: هو عبارة عن تبادل غازات CO_2 , O_2 بين الاسناخ والاوعية الدموية الشعيرية المتاخمة لها وتتم هذه العملية بسرعة فائقة ويعود ذلك الى :

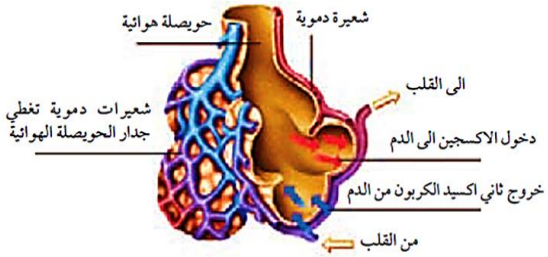
أ- المساحة السطحية الكبيرة

ب- رقة الغشاءين اللذان يفصلان بين هواء الاسناخ والدم

ت- وجود الفرق الكبير بين ضغط غازي CO_2 , O_2 على جانبي غشاء التبادل .



الشكل (٢٦) : تبادل الغازات بين الدم والأنسجة



الشكل (٢٧) : تبادل الغازات بين الدم والهواء

٢- **التبادل النسيجي** Exchange histological: يحدث بين الاوعية الدموية الشعيرية والخلايا .

٣- **التنفس الخلوي** Cellular respiration: يشمل عمليات التحلل السكري ودورة كربس وسلسلة الفسفرة الفوسفاتية .

تنظيم عملية التنفس Regulation of Respiration :

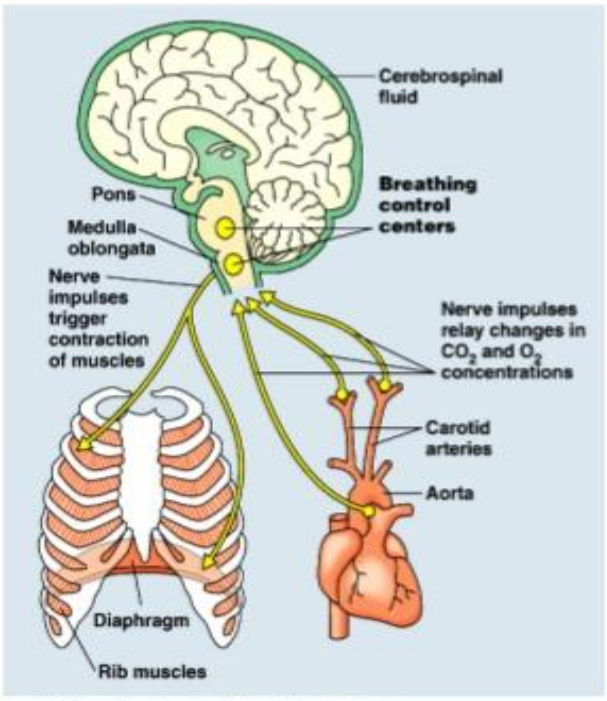
عملية التنفس (الشهيق ، الزفير) عملية لا ارداية ذاتية بدليل انها تستمر بانتظام اثناء النوم وفقدان الوعي الا انه يمكن ان تتكيف من حيث المعدل العمق تبعاً لاحتياجات الجسم فالحجم الدقيقي Minute Volume قد يتضاعف ٣٠ مرة في نهاية ركضة المائة متر بالمقارنة بحالة الراحة ويكون هذا التكيف في غاية الدقة بحيث تبقى الضغط الجزئي لغاز الاوكسجين PO_2 في الحويصلات الهوائية ثابت بحدود ١٠٠ملم زئبق .

يوجد نوعان من التنظيم للعملية التنفسية هما :

١) التنظيم العصبي ويعد تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون في الدم أهم عامل في عملية التنظيم حيث يتأثر نشاط المركز التنفسي بايعازات عصبية واردة إلى النخاع المستطيل عن طريق فرع العصب التائه الوارد من الرئتين فأثناء الشهيق تتمدد الرئتان فيسري سيل من الايعازات العصبية في العصب التائه إلى المركز التنفسي وهذه الايعازات مثبطة للمركز التنفسي .

٢) 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 .

Control of respiration:الية التحكم في عملية التنفس



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

- التحكم في عملية التنفس يحصل لا إراديا كالتي :
- يوجد في النخاع المستطيل (Medulla oblongata) للمخ مركز للتحكم في عملية التنفس (Breathing control center) والذي يتلقى اشارات من أعصاب حسية حول الشريان التاجي (او السباتي) والأبهر والتي تنبئ عن تركيز الأكسجين وثاني اكسيد الكربون الخارج من القلب وتركيز حمض الكربونيك في الدم ، وبناء على هذه الإشارات العصبية فإن مركز التحكم في التنفس في المخ يرسل اشارات الى عضلات الضلوع لكي تنقبض او تنبسط بواسطة خلايا عصبية حركية ذاتية

الجهاز التنفسي اعداد أ.د احمد الحمدي المنوجه