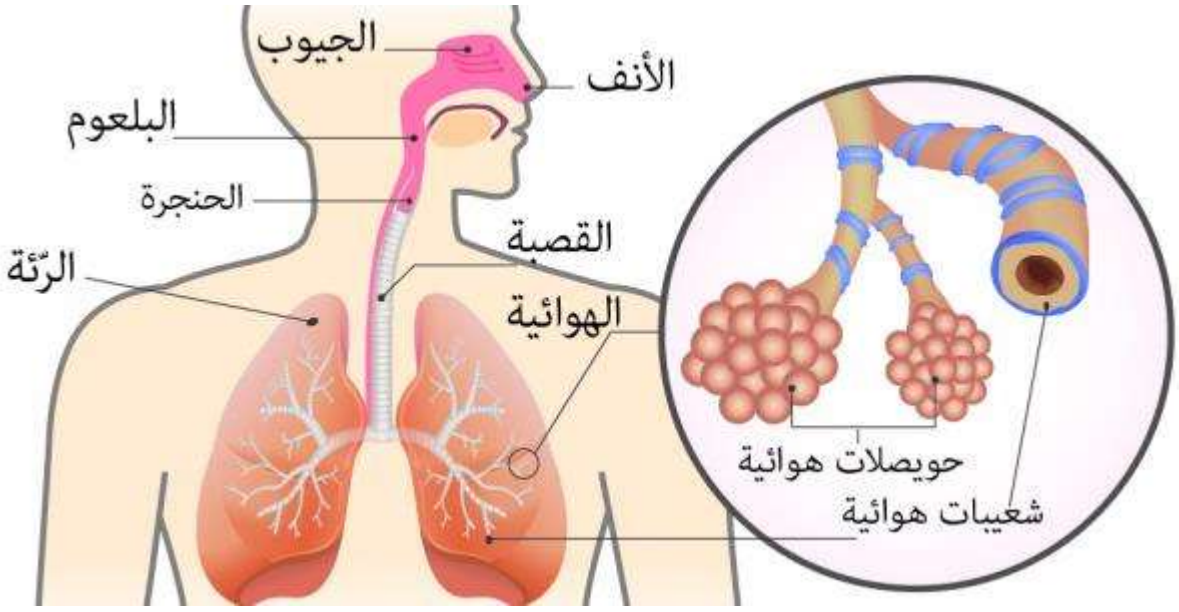
المحاضرة الثالثة: الجهاز التنفسي

للحفاظ على الحياة، يجب على الجسم إنتاج الطاقة الكافية. ويجري إنتاجُ هذه الطاقة عن طريق حرق الجزيئات الموجودة في الطعام، ويكون ذلك عن طريق عملية الأكسدة (حيث يَجرِي الجمع بين جزيئات الطعام والأكسجين). وتشتمل الأكسدة على ارتباط الكربون والهيدروجين مع الأكسجين لتشكيل ثاني أكسيد الكربون والماء. وبذلك، فإنَّ استهلاكَ الأكسجين وإنتاج ثاني أكسيد الكربون لا غنى عنهما للحياة. ويترتَّب على هذا الأمر أنَّ جسمَ الإنسان يجب أن يكون لديه جهاز عضويّ مصمَّم للتخلّص من ثاني أكسيد الكربون من الدَّم الجاري، وامتصاص الأكسجين من الغلاف الجوي بمعدَّل سَريع بما فيه الكفاية لتلبية احتياجات الجسم، حتَّى في أثناء ذروة الجهد البدني. يمكِّن الجهازُ التنفُّسي الأكسجين من دخول الجسم، وثاني أكسيد الكربون من مغادرته.

يبدأ الجهازُ التنفُّسي من الأنف والفم، ويستمرّ من خلال المَسالِك الهَوائيَّة أو التنفُّسية والرئتين. يدخل الهواء إلى هذا الجهازَ من خلال الأنف والفم، ويمرّ إلى أسفل الحلق (البلعوم)، ومن خلال الحنجرة أيضًا. ولكنَّ مدخلَ الحنجرة يكون مُغطًّى بشريحة صغيرَة من النسيج، -لسان المزمار-، والتي تغلَق تلقائيًا في أثناء البلع، وبذلك تمنع الطعامَ أو الشراب من دخول المَسالِك الهَوائيَّة أو التنفُّسية.

1- مكونات الجهاز التنفسي لدى الإنسان:

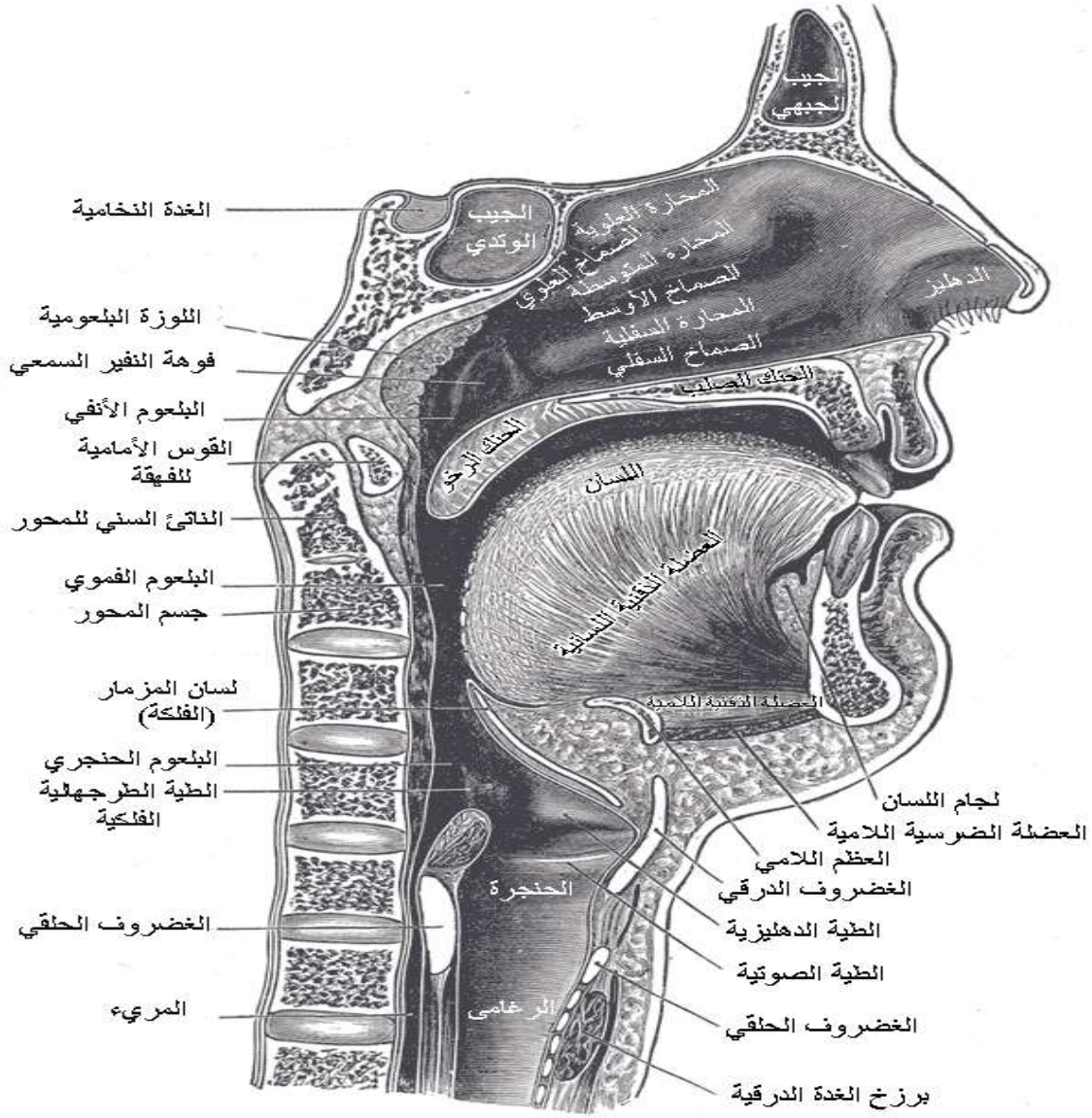


يتم الحصول على الأكسجين بواسطة عملية التنفس التي يقوم بها الجهاز التنفسي الذي يتكون من :

1-1- المجاري:

وتشتمل على سلسلة من الأعضاء تنقل الهواء إلى الرئتين وهذه الأعضاء هي الشفرتان الأنفيتان:تتصلان مع الداخل بالمنخرين وهما مبطنان بغشاء مخاطي مهدب يرطب ويسخن الدم و الجهاز و العرق وينقيه.

1-2- البلعوم:

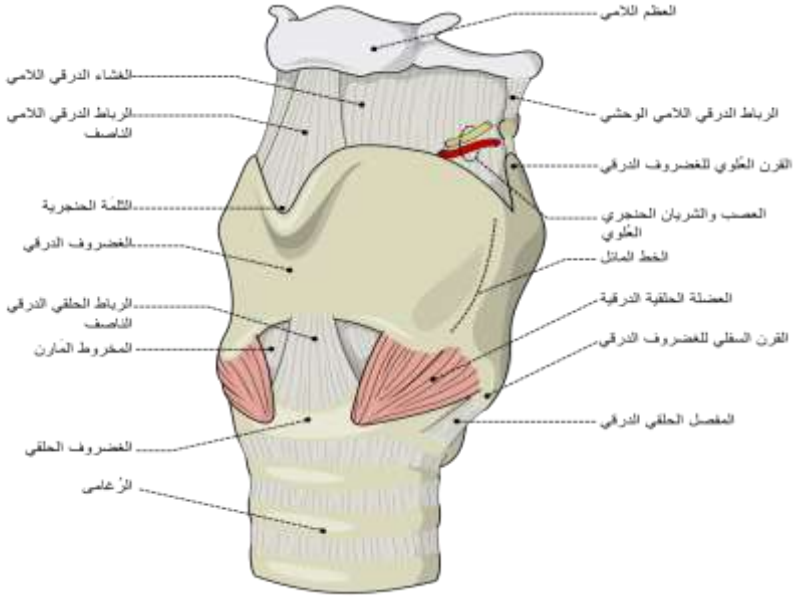


البُلْعُوم هو ممر للهواء والطعام ولذلك يعتبر البلعوم جزءاً من الجهاز الهضمي وجزءاً من الجهاز التنفسي. يقوم لسان المزمار بإغلاق مدخل الحَنْجَرَة عند مرور البلعة الطعامية وبالتالي منع حدوث الاختناق.

يقسم البلعوم لدى الإنسان من الأعلى نحو الأسفل إلى ثلاثة أقسام هي:

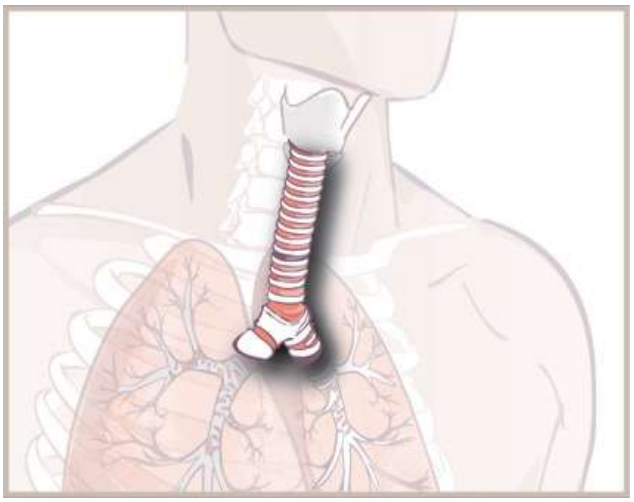
1- البُلْعُوم الأنفي ويقع خلف جوف الأنف.
2- البُلْعُوم الفموي ويقع خلف جوف الفم.
3- البُلْعُوم الحَنْجَري ويقع خلف مدخل الحَنْجَرَة.

1-3- الحنجرة:



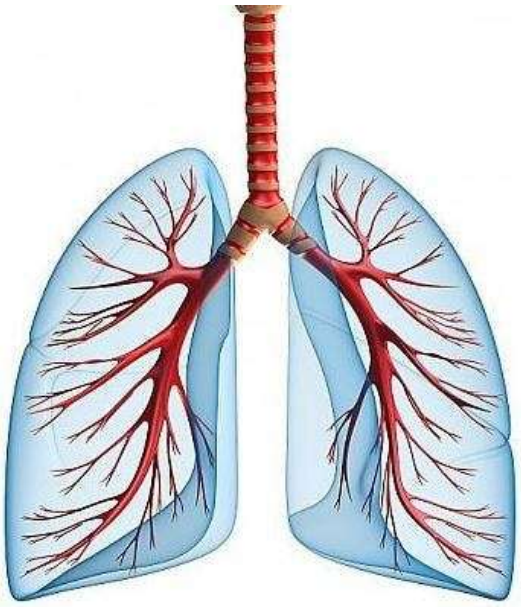
وهو عضو غضروفي تمتد في داخله ثنيات غشائية عضلية تكون الحبال الصوتية، فتهتز هذه الحبال بتأثير الهواء الصاعد من الرئتين فتنشأ عنهما الأصوات، فالحنجرة هي عضو الصوت، تفتح الحنجرة بفتحة المزمار، ويسدها عند البلع غضروف لسان المزمار.

1-4- الرغامي:



وهي أنبوب يتكون من غضاريف نصف دائرية تدعم الناحية الأمامية بينما تكون الناحية الخلفية التي يستند أليها المريء مرنة تسمح بمرور الطعام. يبطن الرغامي غشاء مخاطي ذو أهداب مهتزة مخاطية تستوقف الغبار، والجزيئات التي ترافقه، ويدفعها نحو الفم فيتم بذلك تطهير الهواء المستنشق.

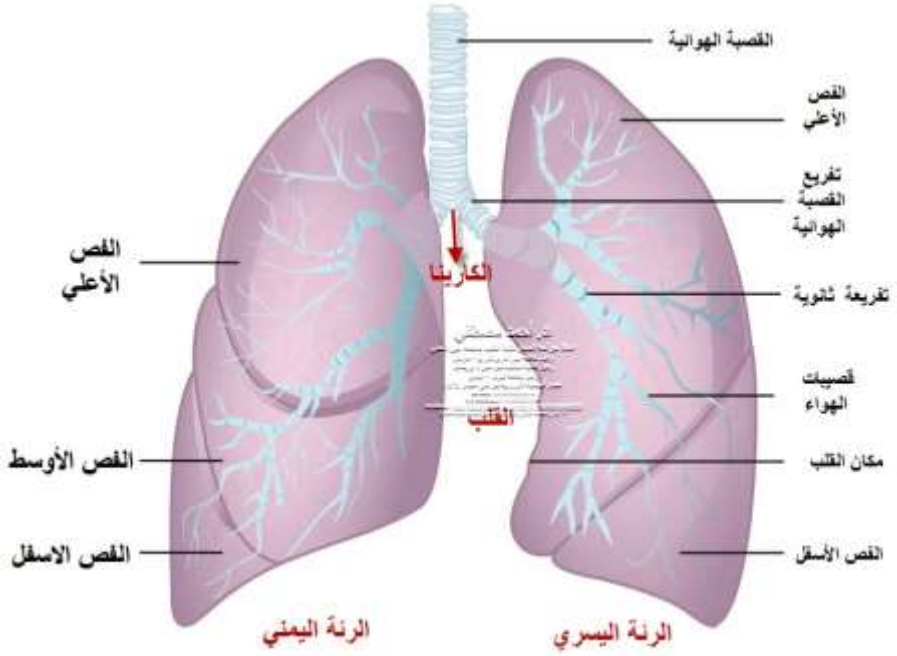
1-5- القصبات الهوائية:



.

1-6- الرئتان:

توجد الرئتان في الفراغ الصدري محاطتين بالغشاء البلوري الحشوي داخل حجرة جدارها من الضلوع والقص والعمود الفقري، ودعامتهما الحجاب الحاجز. وهما عضوان إسفنجيان مرنان يشتملان على الشجرة القصيبية التي نتجت عن الحويصلات الرئوية. وينقسم جوف كل حويصله إلى عدد من التحدبات هي الاسناخ الهوائية التي تزيد من سعة السطح الداخلي للهواء. تجتمع الاسناخ لتشكل حويصلات، وتجتمع الحويصلات لتشكل كتلا هرمية الشكل تدعى الفصيصات الرئوية. وتجتمع الفصوص الرئوية وعددها ثلاثة في الرئة اليمنى وفصّان فقط في الرئة اليسرى. يحيط بكل رئة غشاء ذو ورقتين يدعى غشاء الجنب، تلتصق الوريقة الداخلية بالرئة بينما تلتصق الوريقة الخارجية بالوجه الداخلي للقفص الصدري وبفضلها تتصل الرئتان بالقفص الصدري.



1-7- الأوعية الدموية الرئوية:

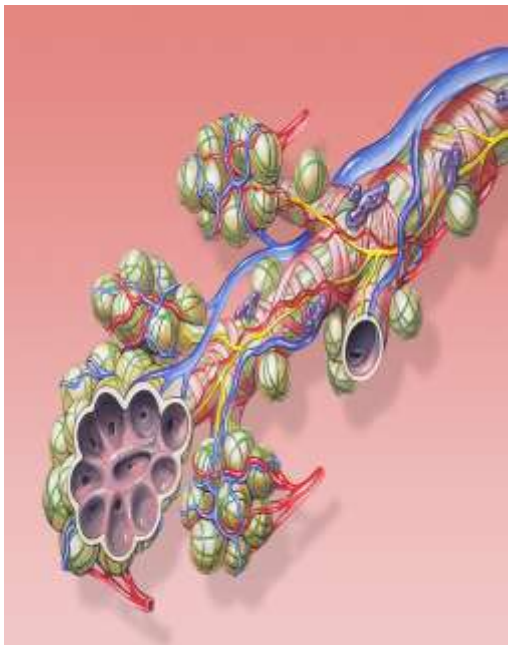
يخرج الشريان الرئوي من البطين الأيمن فينقسم إلى قسمين ينفذ كل منهما إلى رئة ويسير محاذيا للقصبة الهوائية ويتفرع مثل تفرعها حتى ينتهي في محيط الأسناخ.فيتشكل حولها شبكات شعرية غزيرة،وينتج عن اجتماع الشعيرات فروع وريديه تتلاقى فتشكل وريدين في كل رئة وتخرج الأوردة الرئوية الأربعة وتصب في القلب في الأذين الأيسر وبما أن جدران الاسناخ الرئوية رقيقة جدا فيكون الدم فيها وهواء الاسناخ على اتصال مباشر بسطح واسع جدا وتم عندها التبادل الغازي الرئوي.

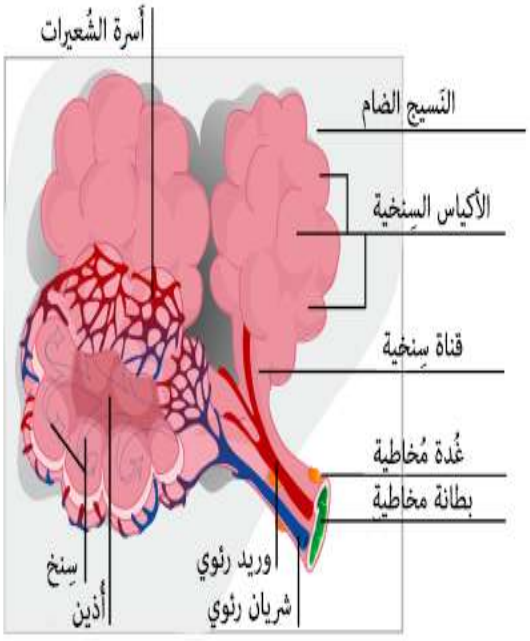
1-8- الحويصلات الهوائية (الاسناخ الرئوية) :

تقع الحويصلات الرئوية ضمن الجهاز التنفسي داخل الرئتين، ينقل الدم غاز ثنائي أكسيد الكربون من الخلايا إلى الحويصلات الرئوية، بينما ينتقل غاز الأكسجين من الجو الخارجي إلى الحويصلات الرئوية عن طريق المسالك الهوائية (القنوات الهوائية).

تحتوي الرئتان السليمتان لجسم الإنسان ما بين 600 و 700 مليون سنخ رئوي (حويصلة هوائية) تقريباً، كل حويصلة رئوية هوائية محاطة بشبكة من الشعيرات الدموية حيث تغطي هذه الشعيرات ما يقارب 70% من مساحتها.

تتضمن الحويصلات الرئوية طبقة من النسيج الطلائي محاطةً بصفوف من الشعيرات الدموية، توجد بين بعض الحويصلات الرئوية مسامات يطلق عليها المسامات السنخية أو مسام كون نسبةً لمكتشفها.





2- وظائف التنفس:

يقوم الجهاز التنفسي بالوظائف التالية:

- تزويد الجسم بالأكسجين من الجو إلى الرئتين، ثم أكسدة في الرئتين، بفضل في الضغط الجزيئي للأكسجين في الأسناخ والأوعية الدموية.
- **طرح ثاني أكسيد الكربون:** وذلك بفضل الفرق الضغط الجزيئي له في الخلايا والأوردة والاسناخ
- المحافظة على التوازن الحامضي_قاعدي أو الرقم الهيدروجيني.
- **المحافظة على حرارة الجسم:** نتيجة لعمليات الاحتراق والهدم والبناء داخل الجسم ترتفع درجة حرارة الجسم الداخلية فيعمل بعدة طرق للتخلص من الحرارة الزائدة.

3- آلية التنفس:

يتم تجديد الهواء داخل الرئتين بواسطة ظواهر ميكانيكية، أولها حركة العضلات التنفسية التي تعمل على تغيير حجم القفص الصدري أثناء الشهيق والزفير، والتغلب على مقاومة الممرات الهوائية والجنبة الرئوية. وتنقسم عملية التنفس إلى مرحلتين متتابعتين بشكل متلاحق ومستمر هما الشهيق والزفير:

أ- **الشهيق(Inspiration)** : وفيها ينقبض الحجاب الحاجز فترتفع الاضلاع إلى الاعلى، فيتسع تجويف القفص الصدري مما يجل الهواء يدخل الرئتين نتيجة انخفاض ضغط الهواء داخلهما، وهي عملية فعالة تحتاج للطاقة.

ب- الزفير Expiration : حيث تنبسط عضلات الاضلع وتعود هي و الحجاب الحاجز لوضعهما ، فيقل حجم التجويف الصدري مما يجعل الرئتين تطرد الهواء للخارج ، وهي عملية غير فعالة تتم بدون أي جهد عضلي ولا تحتاج للطاقة. ولكن في الحالات الاضطرارية ،تتدخل عضلات البطن والعضلات الوربية الداخلية لتضيق القفص الصدري، فيرتفع الضغط داخل الرئتين فيطرد الهواء منهما عبر الممرات الهوائية خارج الجسم.

4- معدّل التنفس: يكون وقت الشهيق أطول من وقت الزفير, كما نلاحظ لحظة توقف عند نهاية الشهيق. ويتراوح معدل التنفس عند الرجل السوي بين 13- 18 دورة في الدقيقة وفي المتوسط 16 دورة في الدقيقة ويزداد هذا المعدل في حالات الحرارة والعمل والانفعالات ، وهو عند المرأة أكثر منه عند الرجل بدورتين.

5- التبادل الغازي

تشكل الأسناخ أو الحويصلات الرئوية المكان الذي يتم فيه تبادل الغازات بين الهواء الجوي والأوعية الدموية ، والطبيعة الفسيولوجية والتشريحية للأسناخ تسمح بهذا التبادل ذلك أن الأسناخ ذات جدار رقيق جداً ، ومحاطة بشبكة من الشعيرات الدموية مساحتها حوالي 70 م تحتوي خلايا تفرز مادة خاصة (تحافظ على مطاطية الرئة واتساعها) ، وخلايا بالعة ، وأنسجة خاصة ، وثقوب لكل هذه العوامل تعمل على تسهيل مرور الهواء من وإلى الأسناخ وتمر عملية التبادل الغازي بأربع مراحل هي:

تبادل الغازات بين هواء الجو والأسناخ ، وتدعى التهوية الرئوية.

تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الأسناخ والشعيرات الدموية.

-نقل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الدم.

- تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الشعيرات الدموية والخلايا

6- تأثير ثاني أكسيد الكربون الموجود في هواء الجو

عندما تكون نسبة CO_2 في الهواء المستنشق طبيعية 0.05% لا يحصل أي تغيير على تنفس الشخص.

1- إذا ارتفعت نسبة CO_2 في هواء التنفس إلى 3% يزداد عمق التنفس وتبقى سرعته بطيئة ويدعى ذلك فرط التهوية.

2- إذا ارتفعت إلى حوالي 5% تزداد سرعة التنفس وعمقه.

3- إذا ارتفعت إلى حوالي 6% تباطأت الوظائف الدورانية والتنفسية وأصابهما الخمول والهمود ويصاب الشخص بالصداع والدوار والإغماء.

7- تأثير نقص الأكسجين في هواء الجو:

إن النسبة المئوية للأكسجين في الهواء الجوي 20.95 % فإذا انخفضت إلى أقل من 13% فإن التنفس سيزداد سرعة وعمقاً وبذلك تزداد كمية الأكسجين في الأسناخ الرئوية فتطرد كمية CO_2 من الأسناخ فيقل عمق التنفس لفترة قصيرة يعود بعدها التنفس إلى عميقاً بسبب تجمع ثاني أكسيد الكربون ثانية ، وهكذا يتغير عمق التنفس بصورة متناوبة بالزيادة والنقصان ، ويدعى التنفس عندها بالتنفس الدوري المتناوب.إن ارتفاع نسبة CO_2 في الدم يحدث أثناء الوقف التنفسي وفي نفس الوقت ينخفض تركيز الأكسجين في الدم، فتتنبه مراكز التنفس الدماغية فتتسبب في زيادة عمق التنفس وسرعته ، فتحدث" زيادة التهوية " وبسبب هذا تزداد نسبة الأكسجين وينخفض تركيز CO_2 في الدم فيزول تنبيه المراكز التنفسية الدماغية فتعود ثانية حالة الوقف التنفسي إن هذا النوع من التنفس يدعى تنفس شاين ستول وهو تنفس دوري متناوب يدل على خطورة حالة الشخص ، ويحدث في المناطق المرتفعة. إذا ارتفع الضغط الجزيئي للأكسجين في هواء الجو فإنه سيحدث تخريشات في أنسجة الرئة ، لذلك لا يجوز أن يتنفس الشخص أكسجيناً نقياً لفترة تزيد عن بضع ساعات إلا أنه من الممكن أن يتنفس مزيجاً غازياً مكوناً من 60% أكسجين و 40 % لفترة طويلة دون أن يسبب أضراراً صحية .

8- نقص الأكسجين *:* المقصود بنقص الأكسجين هو النقص الحاصل عند مستوى خلايا أنسجة الجسم ويكون ذلك للاسباب التالية:

8-1- نقص الأكسجين بسبب نقص دخوله للجسم: وذلك بفعل نقصان الضغط الجزيئي للأكسجين (PO_2) في الدم ويحدث في الأحوال التالية:

- في المرتفعات العالية حيث ينخفض الضغط الجزيئي للهواء بما فيه الأكسجين.
- استنشاق هواء فاسد يحتوي على كمية ضئيلة من الأكسجين عند مستو سطح البحر.
- التنفس السريع السطحي.
- أمراض الرئتين.
- أمراض القلب الخلقية التي فيها اتصال بين طرفي القلب الأيمن والأيسر.

8-2- نقص الأكسجين بسبب فقر الدم : وينتج بسبب نقصان الهيموجلوبين في الدم الذي يحمل الأكسجين ويكون الضغط الجزيئي للأكسجين ونسبة إشباعه طبيعيين ويحدث في جميع أنواع فقر الدم أو التسمم بغاز أول أكسيد الكربون الذي يتحد مع الهيموجلوبين بنفس طريقة الأكسجين ولكن بشراهة تفوق اتحاد الأكسجين بـ 21 مرة مما يؤدي إلى نقصان الأكسجين الواصل إلى الأنسجة.

8-3- نقص الأكسجين التسممي: وذلك بفعل تسمم الخمائر المؤكسدة الموجودة في الأنسجة بمادة سامة مثل السيانيد حيث تصبح الأنسجة نفسها معطلة وغير قادرة على الاستفادة من الأكسجين الذي يكون ضغطه الجزيئي طبيعياً ثم يرتفع في الأوردة ليصبح أعلى مما هو في الشرايين.

8-4- نقص الأكسجين الركودي: وهو ناتج عن بطئ دوران الدم عبر الأنسجة فالضغط الجزيئي للأكسجين في الدم الشرياني طبيعي وكميةالأكسجين المحمولة طبيعية ، ولكن الضغط الجزيئي للأكسجين وكميته في الدم الوريدي منخفضة جداً، وذلك في حالة هبوط القلب لأحتقاني. .

9- آلية التحكم في عملية التنفس :

التحكم في عملية التنفس يحصل لا إراديا كالاتي:

يوجد في النخاع المستطيل للمخ مركز للتحكم في عملية التنفس والذي يتلقى إشارات من أعصاب حسية حول الشريان التاجي أو السباتي و الأبهر والتي تنبئ عن تركيز الأكسجين وثاني أكسيد الكربون الخارج من القلب وتركيز حمض الكربونيك في الدم ، وبناء على هذه الإشارات العصبية فإن مركز التحكم في التنفس في المخ يرسل إشارات إلى عضلات الاضلع لكي تنقبض أو تنبسط بواسطة خلايا عصبية حركية ذاتية.

9-1- *عوامل التحكم في معدل التنفس* :هناك عدة عوامل تتحكم في سرعة معدل التنفس في الكائنات الحية:

1- كثافة عمليات الأيض أو التمثيل الغذائي(Metabolisme) داخل الخلايا كلما زادت زاد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الدم مما يزيد من معدل التنفس للتخلص من ثاني أكسيد الكربون بالدم
2- المجهود العضلي أو الحركي كلما زاد ازداد معدل التنفس
3- الحالة الإنتاجية للحيوان فالحيوانات عالية الإنتاج أو كمية الأيض أو التمثيل الغذائي فيها عالي يزداد معدل التنفس فيها
4- عمر الكائن الحي فالكائنات صغيرة السن أو الأطفال حديثي الولادة أعلى من الكائنات البالغة لزيادة معدل النمو والتكاثر الخلوي في الصغار عن الكبار
5- عوامل بيئية خارجية كالحرارة والرطوبة النسبية في الجو والضغط الجوي أيضا تلعب دورا في زيادة أو خفض معدل التنفس للكائنات الحية
6- تغير الاس الهيدروجيني للدم (pH) نتيجة لتغير الحموضة في الدم مما يزيد من معدل التنفس.