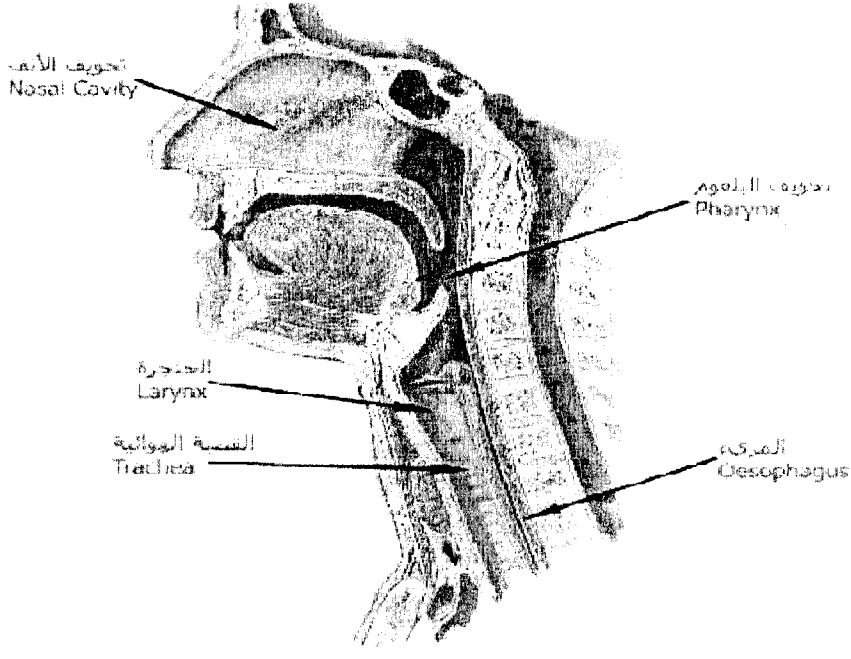
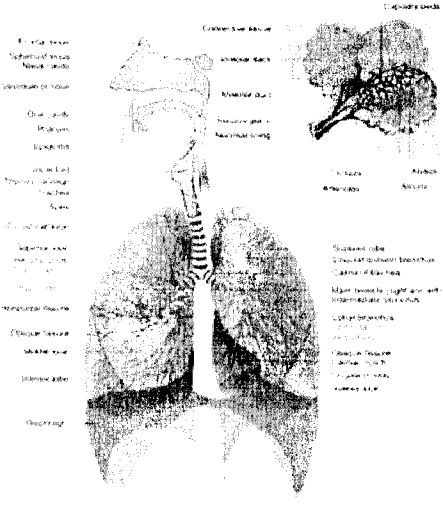
الفصل الخامس

فسيولوجيا الجهاز التنفسي



الجهاز التنفسي Respiratory System

يتكون الجهاز التنفسي من الأعضاء التالية:



- الأنف.
- البلعوم.
- الحنجرة.
- القصبة الهوائية.
- الشعب الهوائية.
- الرئتان.
- غشاء البللورا.

الأنف

يتكون الجزء الظاهر من الأنف من جزء غضروفي وجزء عظمي، وينقسم تجويف الأنف من الداخل إلى قسمين بواسطة الحاجز الأنفي، ويبدأ تجويف الأنف من الأمام بفتحتي الأنف الأماميتين، وينتهي من الخلف بفتحتي الأنف الخلفيتين اللتين تفتحان في البلعوم. كما يبطن تجويف الأنف غشاء مخاطي به عدد كبير من الشعيرات الدموية والغدد المخاطية فهي تفرز مادة مخاطية تعمل على ترطيب هواء الشهيق، وتوجد عند فتحتي الأنف الأماميتين كمية قليلة من الشعر ليقوم بحجز الأجسام الغريبة وذرات الغبار من هواء الشهيق.

ويغذي الغشاء المخاطي المبطن لتجويف الأنف عددًا من الأعصاب بعضها أعصاب شمية في الجزء العلوي وبعضها أعصاب حسية في الجزء السفلي.

البلعوم

البلعوم عبارة عن أنبوبة عضلية متسعة من أعلى وضيقة من أسفل تمتد من قاعدة الجمجمة حتى الفقرة العنقية السادسة ويبلغ طوله حوالي ١٤ سم ويتكون جدار البلعوم من عضلات يبطنها من الداخل غشاء مخاطي وينقسم البلعوم إلى ثلاثة أقسام هي:

البلعوم الأنفي:

ويقع خلف تجويف الأنف الذي يتصل به بواسطة فتحتي الأنف الخلفيتين ويفتح في هذا القسم من كل ناحية قناة استاكيوس البلعومية الأذنية التي تصل بين البلعوم والأذن الوسطى.

البلعوم الفموي:

ويقع خلف تجويف الفم، ويفصل البلعوم الأنفي عن البلعوم الفموي اللهاة وهي النهاية الخلفية للحاجز بين تجويفي الأنف والفم ويوجد على كل من جانبي البلعوم الفموي تجمع من النسج الليمفاوية تسمى اللوزة.

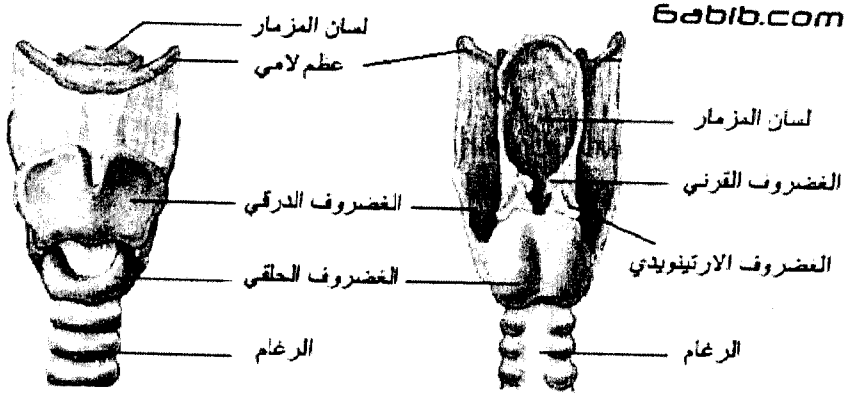
البلعوم الحنجري:

ويقع خلف الحنجرة، وينتهي البلعوم الحنجري من الأسفل باتصاله بالمريء.

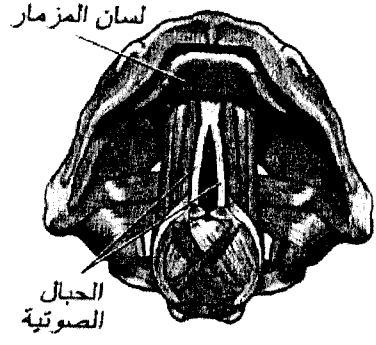
الحنجرة

هي الجزء من الجهاز التنفسي الذي يحدث الصوت وتقع أعلى الرقبة من أسفل العظم اللمي وحنجرة الرجل تكون أكثر بروزًا في الرقبة عن حنجرة السيدة.

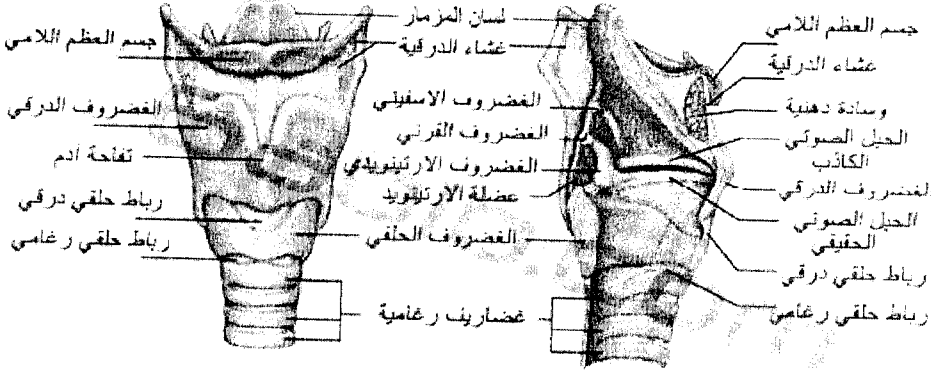
6abib.com



الحنجرة (صندوق الصوت)



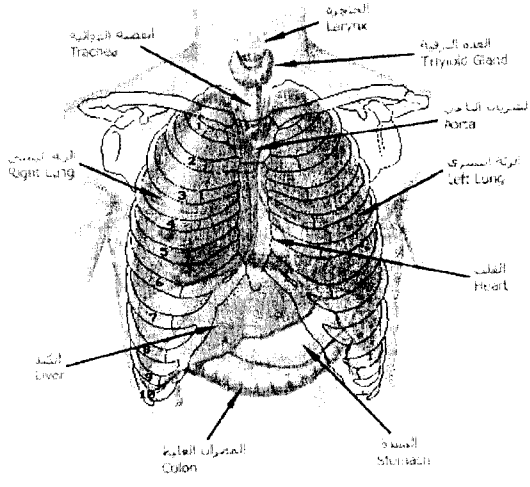
6abib.com



تكوين الحنجرة:

تتكون الحنجرة من عدد من الغضاريف التي تتصل مع بعضها بطريقة تسمح بشيء من الحركة وكذلك تسمح بمرور هواء الشهيق والزفير إلى ومن القصبة الهوائية، ويربط هذه الغضاريف ببعضها أربطة مختلفة يبطنها من الداخل غشاء مخاطي، كما يوجد عند مدخل الحنجرة غضروف مغطى بغشاء مخاطي يسمى لسان المزمار يتحرك ليقفل الحنجرة أثناء بلع الطعام، وعلى السطح الداخلي للحنجرة يوجد بروزان على كل ناحية يسمى البروزان العلويان بالحبلين الصوتيين الكاذبين ويسمى البروزان السفليان بالحبلين الصوتيين الحقيقيين، وتتحكم هذه الأحبال الصوتية في نغمة الصوت بواسطة الشد والارتخاء ويقوم بذلك عضلات صغيرة متصلة بغضاريف الحنجرة.

القصبة الهوائية



وهي أنبوبة أسطوانية الشكل تمتد من أسفل الحنجرة إلى الفقرة الصدرية الخامسة وطولها ١٠ سم، سطحها الأمامي محدب وسطحها الخلفي مستوى تقريبًا، حيث يلامس المريء، وتتكون القصبة الهوائية من حلقات غضروفية غير مكتملة من الخلف حيث تكملها عضلات لا إرادية تتحكم في تضييق وتوسيع القصبة الهوائية كما تربط الحلقات ببعضها أغشية ليفية.

ويبطن القصبة الهوائية من الداخل غشاء مخاطي تمتاز خلاياه بوجود أهداب تعمل على دفع الإفرازات وذرات الغبار إلى أعلى نحو البلعوم للتخلص منه.

أهميته يكمن في ثلاث وظائف:

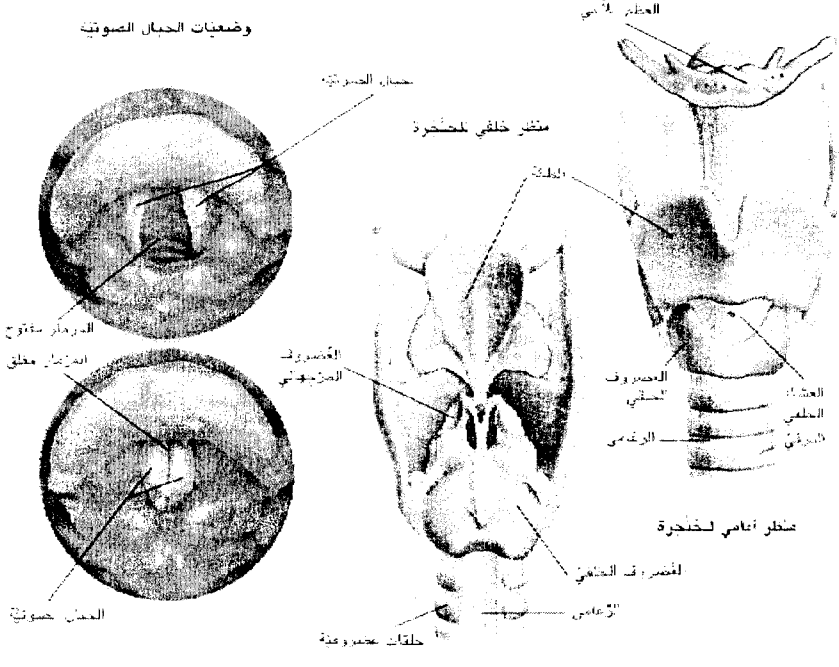
١- ممر للهواء إلى الرغامي.

٢- لتوجيه الطعام والهواء إلى القناة المناسبة (المرئ) والقصبة الهوائية.

٣- الصوت: تتألف الحبال الصوتية المعروفة من شقتين من النسيج العضلي يغطيهما غشاء مخاطي وتتكون هاتان الشقتان من عضلات صغيرة ومرنة تقع جانبي المزمار ولكي نتمكن من الكلام تعمل ١٠-١٢ عضلة في الحنجرة بشكل متناسق لتحريك الحبال الصوتية بعضها ببعض بدرجات مختلفة عندئذ يجبر الهواء المزفور على المرور عبر الفتحة الضيقة من الجبال الصوتية فتهتز وتصدر أصواتًا.

الحنجرة والحبال الصوتية، الكلام

ما هي



الأجزاء التي تشترك في تحديد نغمة الصوت:

١- الفم.

٢- الشفتان.

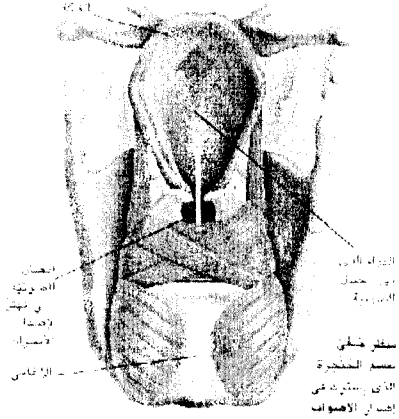
٣- اللسان.

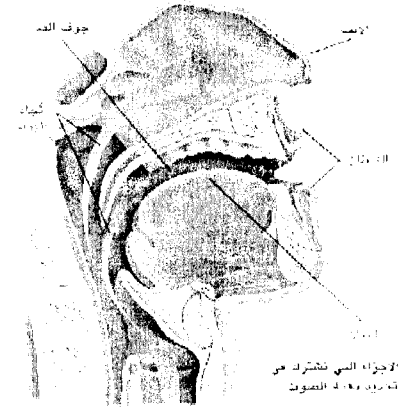
٤- الأنف.

٥- الأسنان.

*** الحبال الصوتية عند الرجال ٢٠ -٥٠ مم.**

*** عند النساء والأطفال ١٥- ٢٠ مم .**



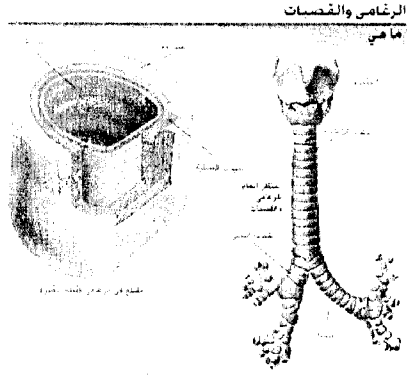


الرغامي:

تبدأ من الحنجرة وتنقسم إلى قسمين: القصبة الهوائية اليمنى والقصبة الهوائية اليسرى.

والرغامي أنبوب يبلغ طوله ١٠ - ١٥ سم تقريبًا ويقع أمام المرئ. تتمتع الرغامي بقدر واف من الصلابة والمقاومة بفضل الحلقات الغضروفية التي تحيط بها تتخذ هذه الحلقات شكل اسطواني وبحركتها الدائمة فهي مثلًا تزداد طولًا وعرضًا أثناء الشهيق، بينما يحدث العكس تمامًا أثناء الزفير.

يحمل الجدار الداخلي للرغامي عددًا كبيرًا من الخلايا المفرزة للمخاط إضافة إلى خلايا خاصة أخرى مزودة بشعيرات صغيرة أو أهداب تساعد في طرد الجسيمات التي تدخل

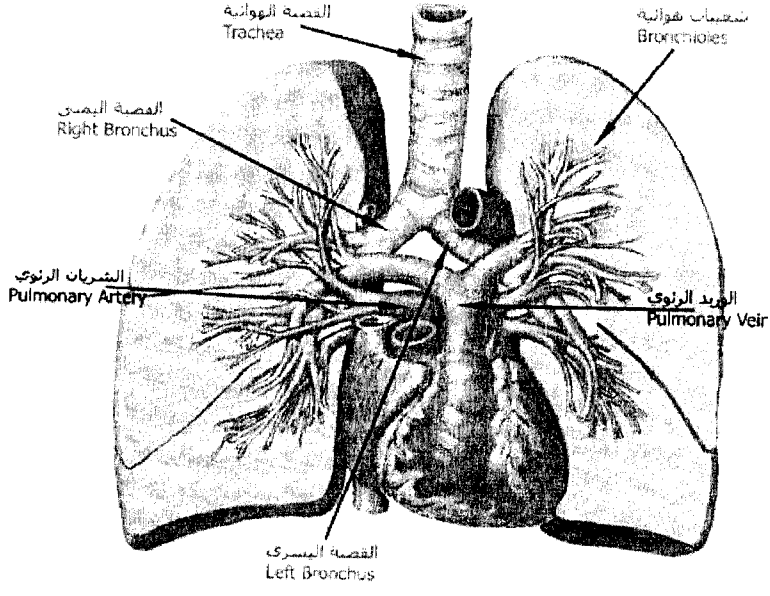


الرغامي أثناء الشهيق وتقوم أيضًا غضاريف الرغامي بحركات تموجية تساهم في طرد الجسيمات الغريبة من السبل التنفسية

* تنقسم الرغامي في جزئها السفلي إلى فرعين هما: القصبتان الرئيستان اللتان تتوجه كل واحدة منهما إلى إحدى الرئتين وتنقسم القصبتان داخل كل رئة عدد كبير من الفروع تشكل الشجرة القصبية.

الشعب الهوائية

تنقسم القصبة الهوائية إلى شعبتين هوائيتين شعبة يمنى وأخرى يسرى، وذلك أمام الفقرة الصدرية الخامسة وتشبه الشعب الهوائية للقصبة الهوائية في الشكل والتكوين غير أن الشعب الهوائية أقل في القطر وحلقاتها الغضروفية مكتملة.



الشعبة الهوائية اليمنى:

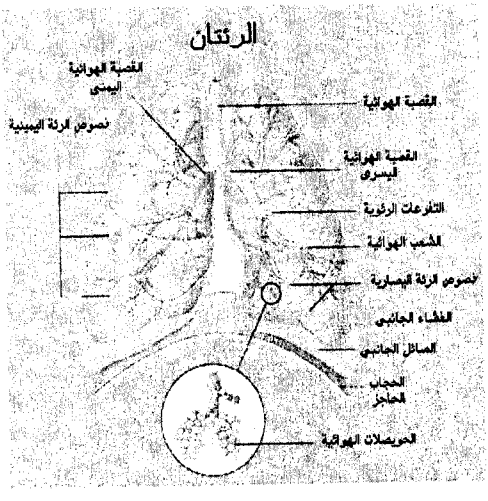
وهي أقصر من الشعبة اليسرى وأوسع منها وتعتبر امتدادًا للقصبة الهوائية، ولذلك فإن أي جسم غريب ينزل إلى القصبة غالبًا ما يجد طريقة إلى الشعبة الهوائية اليمنى.

الشعبة الهوائية اليسرى:

أطول من اليمنى وأضيق منها وأكثر انحرافًا عن اتجاه القصبة الهوائية.

وتمتد كل من الشعبتين إلى الجهة الظهرية مصحوبة بالشريان الرئوي والوريدين الرئويين وبعض الألياف العصبية حتى مدخل فتحة الرئة ثم تنقسم إلى شعب أصغر فأصغر إلى أن تنتهي داخل الرئة في أكياس هوائية تسمى الحويصلات الهوائية وهذه تكون محاطة بالأوعية الدموية والتي يتم عن طريقها تبادل الغازات وهي الوظيفة الرئيسية للرئتين.

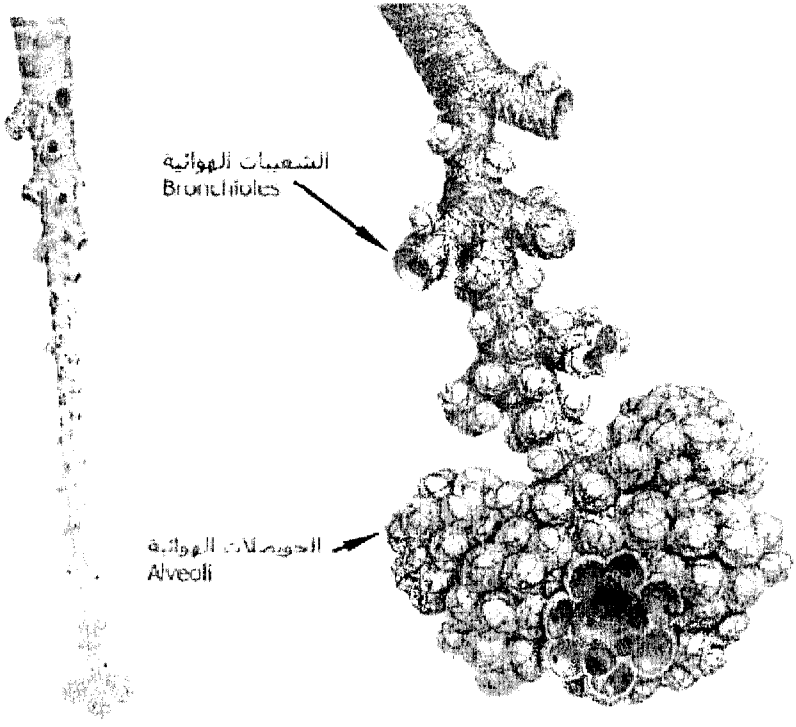
الرئتـــان



هما عضوا التنفس الرئيسيان وتتكون كل رئة من عدد كبير جدًّا من الحويصلات الهوائية يربطها مع بعضها نسيج ليفي مرن وتحتوى كل رئة على الشرايين والأوردة الرئوية الخاصة بها والأعصاب المغذية لها وتوجد الرئتان في التجويف الصدري واحـدة يمنى وأخـرى يسرى ويفصل الرئتين عن بعضهما حاجز يحتوي على القلب والأوعية الدموية الكبرى المتصلة به وكذلك القصبة الهوائية والمريء.

الشكل الظاهري للرئة:

الرئة تأخذ شكلًا هرميًا تقريبًا له قمة تتجه إلى أعلى وقاعدة متجهة إلى أسفل ولكل رئة سطحان وثلاثة أحرف.



قمة الرئة:

تمتد إلى أسفل الرقبة فوق الترقوة.

قاعدة الرئة:

ترتكز على عضلة الحجاب الحاجز الذي يفصل تجويف الصدر عن تجويف البطن وقاعدة الرئة مقعرة.

حجم الرئتين:

إن الرئتين أكبر بكثير مما يظن أغلب الناس، فهما ممتدتان من أسفل الرقبة إلى الحجاب الحاجز، وهو الفاصل الذي يقسم تجويف الجسم إلى قسمين، وهما تشبهان المخروط على

وجه التقريب، قمته إلى أعلى وقاعدته إلى أسفل، وكل رئة مستقلة عن الأخرى، بحيث إنك إذا لم تستطع التنفس بواحدة منهما لسبب أو لآخر فإنك يمكنك أن تتنفس بالرئة الأخرى. كما أنهما تختلفان عن بعضهما قليلًا في الشكل والمظهر.

عدد فصوص الرئة:

وتتكون الرئة اليسرى من فصين بينما تتكون اليمنى من ثلاثة فصوص. وتشبه الرئة من الداخل الإسفنج حيث أنها خفيفة الوزن لاحتوائها على ملايين من الحويصلات الهوائية.

والرئة مطاطة جدًّا، ومعنى هذا أن الرئة يمكن أن تتمدد بسهولة، إلا أنه ما أن تختفي القوة التي تمددها حتى تعود إلى شكلها الأصلي.

رئة الجنين قبل الولادة:

وهي وردية اللون مصمتة التكوين لأنها لا تحتوى على هواء وإذا وضعت في الماء فإنها لا تطفو عليه.

وعند الولادة يبدأ الطفل بتنفس الهواء ويصاحب ذلك بكاء الجنين لأول مرة، فتتفتح الحويصلات الهوائية وتملأ بالهواء وتصبح الرئة إسفنجية وإذا وضعت في الماء تطفو عليه.

وبمرور الزمن وعند البالغين يتغير لون الرئة إلى أسمر نتيجة لترسيب ذرات الغبار والكربون في الرئة.

غشاء البللورا

غشاء مصلي يكون كيسًا يحيط بكل من الرئتين ويتكون كيس البللورا من طبقتين:

١- الطبقة الجدارية: تبطن جدار الصدر من الداخل.

٢- الطبقة الحشوايّة: تغطي السطح الخارجي للرئة.

وتتصل طبقتا البللورا ببعضها عند سرة جذع الرئة ويفصل بين الطبقتين مسافة ضيقة جدًّا يملؤها سائل مصلي يسهل حركة الرئتين داخل تجويف الصدر.

التنفس الخارجي والتنفس الداخلي:

التنفس الخارجي:

وهو الذي يحدث في الرئة، ويتم ذلك عن طريق تبادل الغازات في الشعيرات الدموية المنتشرة حول الحويصلات الهوائية فيدخل الأوكسجين من هواء الحويصلات إلى الدم المؤكسد وفي الوقت نفسه يخرج ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى هواء الحويصلات ثم تتخلص منه في هواء الزفير.

التنفس الداخلي:

وهو الذي يحدث في الأنسجة ويتم ذلك عن طريق تبادل الغازات بين الشعيرات الدموية الموجودة في الأنسجة وبين خلايا النسيج نفسه فيخرج الأكسجين من الدم إلى النسيج ويدخل ثاني أكسيد الكربون من النسيج إلى الشعيرات الدموية.

حركة التنفس:

تتعاقب حركات الشهيق والزفير بانتظام وعدد مرات التنفس حوالي ١٦ مرة في الدقيقة عند الإنسان البالغ أما في الأطفال فتكون مرات التنفس أكثر من ذلك، وسبب حركات التنفس هو انقباض وانبساط عضلات خاصة تسمى عضلات التنفس.

عضلات التنفس:

العضلات التي تعمل في التنفس الطبيعي هي عضلة الحجاب الحاجز والعضلات المتصلة بالضلوع والحجاب الحاجز عبارة عن حاجز عضلي قوي يفصل التجويف الصدري عن البطني وهو محدب من جهة الصدر ومقعر من جهة البطن وعندما ينقبض الحجاب الحاجز يهبط إلى أسفل ويقل تحدبه من جهة الصدر فبذلك يزداد تجويف الصدر من أعلى إلى أسفل.

أما انقباض العضلات المتصلة بالضلوع فإنه يسبب ارتفاع الضلوع إلى أعلى من حركة جانبية بسيطة وينتج من ذلك اتساع التجويف الصدري من الجانبين ومن الأمام إلى الخلف.

ويتم انقباض عضلات الضلوع في نفس الوقت الذي يحدث فيه انقباض الحجاب الحاجز ونتيجة ذلك يحدث اتساع الفراغ الصدري في جميع الاتجاهات، حيث يؤدي هبوط الحجاب الحاجز إلى أسفل بقوة إلى زيادة الضغط في الفراغ البطني، وبذلك تنضغط الأعضاء الباطنية الموجودة أسفل الحجاب الحاجز، وهذه الأعضاء تضغط بدورها على جدار البطن فيرتفع ويحدث الشهيق في التنفس العادي نتيجة لانقباض عضلات التنفس واتساع الفراغ الصدري، ويحدث الزفير نتيجة لانبساط عضلات التنفس.

التدريب الرياضي وأثره على الجهاز التنفسي

الوظائف الرئيسية للجهاز التنفسي:

١-تبادل الغازات بين الهواء الجوي والدم، حيث يحصل على الأكسجين من الهواء الجوي ويوزعه على أنسجة الجسم، والتخلص من ثاني أكسيد الكربون من مخلفات التمثيل الغذائي.

٢-المحافظة على الاستقرار التجانسي للتوازن الحمضي ـ القلوي pH للجسم.

٣-الوقاية من الجراثيم والمواد الضارة التي تدخل الجسم مع الشهيق، حيث يقوم النسيج الظاهر الموجود بالجهاز التنفسي بهذه الوظيفة بما يتميز به من آليات تمنع تسرب المواد الضارة من الدخول إلى الجسم.

٤-النطق المستخدم في الكلام والغناء وغيرها ووسائل الاتصال.

٥-تنظيم حرارة الجسم بالتخلص من الحرارة والماء الزائد من الجسم.

العوامل المختلفة التي تؤثر على عمليات التنفس:

١-تأثير المجهود العضلي: هذا المجهود العضلي يؤدي إلى زيادة كمية ثاني أكسيد

الكربون في الدم فيسعى الجسم للتخلص من هذه الكمية الزائدة بزيادة معدل وعمق التنفس.

٢- اختلاف التركيب الهوائي المستنشق: لوحظ أن زيادة النسبة المئوية لغاز ثاني أكسيد الكربون في هواء التنفس يسبب زيادة في كمية الغاز في هواء الرئة وهذا بالتالي يؤثر على كيميائية الدم، ففي حالات وجود الإنسان في أماكن رديئة التهوية يزداد عمق التنفس وسرعته حتى يمكن التخلص من كمية ثاني أكسيد الكربون الزائدة.

٣- اختلاف الضغط الجوي: يموت الإنسان إذا تعرض لضغط جوي عال، أما في حالة تعرضه لأقل من الضغط الجوي العادي فإنه يحدث قلة في نسبة الأوكسجين ويصاب الإنسان بالدوخة والقيء، ويمكن للجسم القدرة على تعويض هذا النقص في الأوكسجين بزيادة عدد كرات الدم الحمراء أو بزيادة سرعة التنفس.

٤- اختلاف درجة حرارة الجسم: في حالة إصابة الإنسان بالحمى وارتفاع درجة حرارته يتبع ذلك زيادة في حركات التنفس ويتبع هذه الزيادة ازدياد كمية الأوكسجين التي يحتاجها الجسم.

التحكم في التنفس control of respiration:

التنفس: هو عملية إمداد خلايا وأنسجة الجسم المختلفة بالأكسجين والتخلص من ثاني أكسيد الكربون.

التنفس الخارجي: هو سحب عمل تبادل غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الهواء والجو والدم وخلايا الجسم.

التنفس الخلوي (الداخلي): هو سلسلة التفاعلات الكيميائية الحيوية تتم داخل الخلايا وتتأكسد المواد الغذائية وتنطلق الطاقة اللازمة للأنشطة الحيوية للجسم وغاز ثاني أكسيد الكربون ويتم التخلص منه في الرئتين.

التنفس الخارجي: عملية التبادل الغازي بين الهواء الجوي في الرئتين والدم وخلايا الجسم.

أن التحكم في معدل (تردد)، وعمق (الحجم المدى) الحركات التنفسية يتم بواسطة مركز التنفس في المخ. ويتشكل هذا المركز من مجموعة من الخلايا العصبية بشكل أساسي تقع في النخاع المستطيل medulla oblongata وتنشأ كافة الحركات التنفسية الآلية اللاإرادية نتيجة للتفريغ الإيقاعي (المتناسق) للإشارات العصبية nervous impulses الصادرة من هذا المركز، والتي تنقل إلى الأسفل عن طريق الحبل الشوكي ـ النخاع الشوكي spinal corde إلى الأعصاب الحركية motor neurons والتي تنقل محاورها هذه الإشارات من الحبل الشوكي إلى عضلات التنفس، مثل الحجاب الحاجز، والعضلات بين الضلوع... إلخ.

يشتمل مركز التنفس على مركز للشهيق inspiratory centre، والذي يرسل الإشارات التي تسبب انقباض عضلات الشهيق، وفي نفس الوقت هناك مركز للزفير expiratory centre، والذي يصدر إشارات تثبيطية ـ كبحية ـ inhibitory impulses لمركز الشهيق، والتي تتسبب في إيقاف تدفق الإشارات المسببة للشهيق، ويترتب على ذلك توقف الشهيق، وتتابع الزفير آليا.

ولقد سبقت الإشارة بالمقطع (٤/ ٣/ ١/ ٠) إلى أن الزفير عملية سلبية بطبيعتها إلى حد بعيد. وتتصف وظائف مركز التنفس بالآلية، بمعنى أن الإشارات الصادرة عنه نتيجة لتغيرات جارية داخل المركز نفسه نتيجة لبعض العوامل المسببة لهذا التنظيم الآلي وتتمثل هذه العوامل في عوامل كيميائية، فيزيائية، وعصبية.

يلعب ثاني أكسيد الكربون كعاملا كيميائيا دورا سياديا في التحكم في الحركات التنفسية حيث ينبه مركز التنفس، ويزيد التهوية الرئوية بالتأثير المباشر على المركز (نظرا لأنه ينقل إلى المركز بواسطة الدم ـ أو يتكون داخل المركز نفسه بواسطة عمليات الأيض) وعن طريق تنبيه المستقبلات الكيميائية الحسية ـ sensory chemoreceptors الموجودة بالجسم السباتي carotid body، وقوس الأورطى aortic arch.

عادة ما يبقى الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون بالحويصلات الهوائية، والدم الشرياني arterial blood ثابتا بشكل ملحوظ حول ٤٠ ملليمتر/ زئبق، وتؤدي الزيادة الطفيفة في ضغطه عن هذا المعدل إلى زيادة التهوية الرئوية.

تتسبب أي زيادة في الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون بالشرايين في زيادة كبيرة (مفرطة) بالتهوية الرئوية hyperventilation للتخلص من ثاني أكسيد الكربون الزائد، فرط التهوية الرئوية يعني قسرى (اضطراري) لعدة دقائق، متبوعًا بفترة عسر تنفس - apnea تستمر ٦٠ ثانية في المتوسط ويعود ذلك إلى حقيقة أن الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون انخفض نتيجة الزفير الاضطراري السابق الإشارة إليه، والمستوى المنخفض لثاني أكسيد الكربون في الدم وغير الكافي لتنبيه عتبة استثارة ـ stimulation threshold مركز التنفس. بمرور بعض الوقت، عندما يرتفع مستوى ثاني أكسيد الكربون بالدم نتيجة لعملية الأيض، يتنبه المركز بشكل طبيعي بواسطة ثاني أكسيد الكربون.

ويعمل تركيز أيونات الهيدروجين في الدم في نفس الاتجاه وله نفس التأثير على التنفس كما في ثاني أكسيد الكربون.

توجد علاقة وثيقة بين قوة تركيز أيونات الهيدروجين(١) - (pH) أسكيأسيست في الدم ومحتواه من ثاني أكسيد الكربون، وتؤدي زيادة الأخير (Co2) إلى زيادة محتوى حامض الكربونيك - carbonic acid في الدم.

أما التغير في محتوى الأكسجين فهو محدود نتيجة التحكم في عمق، وتردد حركات التنفس الطبيعي ومن ناحية أخرى، يصبح نقص الأكسجين واضحًا، كما في حالة التواجد على ارتفاعات عالية عن مستوى سطح البحر، تنبه المستقبلات الكيميائية - chemo receptors الموجودة في الجسم السباتي - carotid body وقوس الأورطى aorta arch ليزداد التنفس انعكاسيا.

تتمثل العوامل الفيزيائية المؤثرة على نشاط مركز التنفس في: درجة الحرارة، ضغط الدم، وضغط الهواء داخل الرئتين.

وتؤدي زيادة ما في درجة حرارة الجسم، كما في حالة الحمى مثلا أو أثناء النشاط البدني إلى زيادة في حجم التنفس، في حين يؤدي انخفاض درجة حرارة الجسم تحت المعدل الطبيعي إلى انخفاض في حجم التنفس.

ويؤثر ضغط الدم على مستقبلات الضغط – pressure receptors في الجيب السباتي – carotid sinus، وقوس الأورطى مؤثرًا على مركز التنفس انعكاسيًا حيث أن انخفاض ضغط الدم يتسبب في زيادة التنفس، والزيادة في ضغط الدم تسبب انخفاض التنفس.

وتمثل زيادة حجم الرئتين عاملا رئيسيًا للتحكم في التنفس الطبيعي، ويسبب ازدياد (انتفاخ) حجم الرئتين أثناء الشهيق، إلى تمدد الحويصلات الهوائية وبالتالي النسيج الرئوي ككل، وينبه المستقبلات الحسية – sensory receptors أو المستقبلات الحسية العميقة (sensory proprioceptors). يؤدي ذلك إلى تدفق تيار من الإشارات العصبية إلى مركز التنفس في النخاع المستطيل medulla oblongata ولهذه الإشارات العصبية تأثيرا مثبطًا (كافا) يؤدي إلى خفض نشاط مركز التنفس، وتسبب توقف (انقطاع) الشهيق لحظيا يليه بداية الزفير بصورة آلية وهذا ما يعرف بمنعكس HERING–BREUER reflex

يمكن تقسيم التحكم العصبي في حركات التنفس إلى نوعين:

١ – تحكم إرادي voluntary control.

٢ – تحكم انعكاسي reflex control، أو تحكم لا إرادي involuntary control.

يتم التحكم الإرادي بواسطة تفريغ الإشارات العصبية من المراكز العليا بالمخ، والمعروفة بقشرة المخ cerebral cortex ويمكن التأثير إراديا على المحركات التنفسية الطبيعية (الإيقاعية) حيث يمكن إسراعها، إبطائها، أو إيقافها تماما لفترة زمنية محدودة.

للانفعالات النفسية emotions تأثيرا ملحوظا على معدل (تردد) التنفس وعمقه أيضا، حيث تسهم في زيادة حجم التنفس أثناء التدريب البدني في حالة ما يسمى «حالة ما قبل البداية» prestart condition.

يتم التحكم اللاإرادي أو الانعكاسي بواسطة المنعكسات العصبية reflexes والمسئولة عن التنفس الطبيعي، إضافة إلى مسئوليتها responsiveness عن آلية التنفس للتكيف مع حاجات الجسم المتنوعة تنشأ هذه المنعكسات في أجزاء مختلفة من الجسم: ثني المفاصل مثلا يسبب زيادة في التهوية الرئوية، واستثارة الجلد (مشتملة البرد أو الألم) تثبط أو تنبه الشهيق، الألم أو الضغط بالأعضاء الداخلية يمكن أن يثبط أو ينبه الشهيق وغيرها.

كما يعتبر منعكس السعال coughing reflex، ومنعكس العطس sneezing reflex أيضا منعكسات تنفسية، تغير عمق، وتردد أو قوة التنفس.

تكيف الجهاز التنفسي للتدريب Respiratory Adaptations to Training

تتحسن وظائف الجهاز التنفسي نتيجة التدريب مما يؤدي إلى زيادة كفاءته ثم يتكيف مع أنواع الجهد البدني التي يتلقاها الفرد الرياضي، وتظهر علامات هذا التكيف من خلال النقاط التالية:

١-الأحجام الرئوية Lung Volumes:

يتغير حجم وسعة الرئة نتيجة التدريب، فتزداد السعة الحيوية Vital Capacity «وهي تعني كمية الهواء التي يمكن زفرها بعد أقصى شهيق» كما تزداد كمية الهواء المتبقي «Residul Volume» «وهي تعني كمية الهواء التي لا يمكن تحريكها خارج الرئتين» كما أنه بعد تدريبات التحمل فإن حجم التنفس العادي «Tidal Volume» لا تتغير وهي تعني «كمية الهواء التي تدخل وتخرج من الرئة أثناء التنفس العادي».

٢-معدل التنفس Respiratory Rate:

بعد التدريب يقل عادة معدل التنفس أثناء الراحة وأثناء العمل دون الحد الأقصى وهذا الانخفاض يكون بسيطًا، بينما يزداد معدل التنفس عند العمل البدني بمستوى الحد الأقصى.

٣-التهوية الرئوية Pulmonary Ventilation:

لا تتغير التهوية الرئوية بشكل ملحوظ بعد التدريب، ويمكن أن تنخفض في حالة الراحة وأثناء التدريب دون الحد الأقصى، ولكن التهوية الرئوية القصوى تزداد مع المجهود، وفي الأفراد غير المدربين تكون الزيادة من ١٢٠ إلى ١٥٠ لترا/ ق، بينما لدى الرياضيين تزداد لتصل إلى ١٨٠ لترا/ ق، وترجع أسباب الزيادة في التهوية الرئوية إلى عاملين أساسيين هما: زيادة حجم التنفس العادي وزيادة معدل التنفس عند الحد الأقصى.

وأثبتت دراسات حديثة أن التهوية الرئوية لدى الرياضيين ذوى المستويات العالية تصل إلى ٢٤٠ لترا/ ق أي أنها تبلغ ضعف الفرد العادي.

٤-الانتشار الرئوي Pulmonary Diffusion:

الانتشار الرئوي لإتمام تبادل الغازات يزداد عند العمل بالحد الأقصى من التدريب حيث يزداد تدفق الدم إلى الرئة نتيجة وصول كمية دم كبيرة من القلب، وكل ذلك يزيد من التهوية الرئوية وكذلك الانتشار الرئوي، ويتحسن تبادل الغازات نتيجة اشتراك أكبر قدر من الحويصلات الرئوية في هذه العملية.

٥- فروق الأكسجين الشرياني والوريدي Arterial - Venous Oxygen Difference:

يتغير محتوى الأكسجين الشرياني قليلًا من التدريب، على الرغم من أن الهيموجلوبين الكلي يزداد غالبًا وأن كمية الهيموجلوبين لكل خلية من الدم تظل كما هي أو تقل قليلًا.

الفرق بين أكسجين الشرايين والأوردة يزداد مع التدريب، وخاصة عند مستوى الحد الأقصى من التدريب، وهذه الزيادة تنتج من انخفاض محتوى دم الوريد الأكسجيني، وهذا يعني أن الدم العائد إلى القلب في الأوردة يحتوى على أكسجين أقل عندما نقارنه بالفرد غير المدرب.

وهذا يعكس شيئًا مهمًا وهو أن استخلاص الأكسجين في الأنسجة يكون أكبر وكذلك كفاءة التوزيع لحجم الدم الكلي على الأنسجة يكون أعلى.

٦- معدل التغير في التنفس Respiratory Exchange Ratio:

معدل التغيير في التنفس يرمز له بالرمز RER وهو يعني النسبة بين ثاني أكسيد الكربون المفرز والأكسجين الممتص أثناء عمليات الأيض، وهذا يدل على نمط ونوع مصادر الطاقة المستخدمة، وبعد التدريب تنخفض هذه النسبة أو هذا المعدل.

ويكون هذا التغير ناتجًا عن استخدام الأحماض الدهنية عوضًا عن الكربوهيدرات كمصدر للطاقة.

في حين يزداد هذا المعدل عند مستوى العمل بالحد الأقصى لدى المدربين، وهذه تدل على زيادة القدرة على الأداء عند هذا المستوى وينتج عن كل ذلك أداء أفضل، وهو عادة يعكس دافعًا نفسيًا قويًا لدى الرياضيين.

٧- الامتصاص الأقصى للأكسجين Maximal Oxygen Consumption:

ينظر معظم الباحثين إلى VO^2max على أنه أفضل مؤشر لقدرة الجهازين الدوري والتنفسي على التحمل، وبعد أن تعرفنا على مظاهر تكيف هذين الجهازين، فإننا لن نفاجأ عندما نجد أن VO^2max تزداد بدرجة قليلة كاستجابة لتدريبات التحمل.

وقد تبين أن حدثت زيادة قدرها ١٥ – ٢٠٪ للأفراد الذين اعتادوا الجلوس قليلي الحركة بعد أن تدربوا عن ٧٥٪ من الحد الأقصى بواقع ٣ مرات أسبوعيًا لمدة ٣٠ دقيقة يوميًا لمدة ٦ أشهر، كما تبين أنه قد حدثت لهم زيادة في الاستهلاك النسبي للأكسجين بلغت من ٣٥ إلى ٤٢ ملليمتر/ كجم/ ق.

أما الرياضيون ذوو المستويات العليا فقد بلغت نسبة الاستهلاك النسبي للأكسجين لديهم من ٧٠ إلى ٩٠ ملل/ كجم/ ق.

التغيرات في تنفس اللاعب عند القيام بمجهود رياضي:

عند القيام بمجهود رياضي عامة فإن سرعة التنفس تزداد ولكن هذه الزيادة تختلف من فرد إلى آخر، وفي الفرد الواحد تختلف حسب هذا المجهود وكذلك فترة أداء هذا المجهود.

التغيرات عند القيام بمجهود متوسط ولمدة طويلة:

يحدث هذا في سباق الجري للمسافات الطويلة، فنجد أن معدل التنفس يزداد في الفترة الأولى من السباق ثم يقل معدله بعد ذلك ويظل منتظما على هذا المعدل لفترة زمنية، وتسمى هذه الفترة بالفترة المنتظمة أو الفترة الثابتة، ولكي يصل الفرد إلى هذه الفترة يأخذ حوالي خمس دقائق من بداية قيامه بالمجهود، وفي هذه الفترة يقوم الجسم بتنظيم نفسه من حيث تبادل الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون من وإلى الدم عن طريق الرئتين، وكذلك من وإلى الدم عن طريق العضلات والخلايا.

ولكن يصل الفرد إلى ما يسمى بالفترة الثابتة أو الفترة المنتظمة يجب أن يحدث تكييف فسيولوجي لأجهزة الجسم المختلفة والتي تعمل كوحدة واحدة لتستطيع أداء المجهود البدني، وسرعة الوصول إلى ما يسمى بالفترة الثابتة تتوقف إلى حد ما على كفاءة وتدريب اللاعب.

التغيرات التي تحدث للاعب في الفترة الثابتة هي:

١-نقص سرعة التنفس عما كانت عليه في الفترة الأولى من القيام بالمجهود الرياضي مع سهولة التنفس وعدم وجود ضيق فيه.

٢-تقل درجة استهلاك العضلات للأوكسجين.

٣-تقل وتنتظم نبضات القلب عما كانت عليه في الفترة الأولى من القيام بالمجهود الرياضي.

٤-تصبح العضلات في حالة منتظمة ولا يشعر اللاعب بآلام عضلية.

التغيرات في التنفس عند القيام بمجهود شاق أو عنيف ولفترة زمنية قصيرة:

يحدث هذا في سباق الجري لمسافات قصيرة أو في سباحة المسافات القصيرة، فنجد أن معدل التنفس يزداد ولا يعود إلى معدله الطبيعي إلا بعد فترة من الوقت من نهاية المجهود الرياضي، وسبب ذلك أنه في حالات المجهود العنيف لوقت زمني قصير لا يمكن للزيادة في معدل التنفس من أن تزود العضلات بالأكسجين اللازم للقيام بمثل هذا المجهود في الفترة الزمنية القصيرة «مثلا ١٠٠ متر في ١٠ ثوان» ولكن الجسم يتحايل على هذا النقص في الأوكسجين الواصل من الرئتين إلى الدم، وذلك باستهلاك جزء من أوكسجين العضلات الموجود في هيموجلوبين العضلات، ونتيجة لذلك النقص الذي يحدث في هيموجلوبين العضلات يتجمع حامض اللاكتيك في تلك العضلات والتي تحتاج بعد الانتهاء من المجهود إلى الحصول على الأوكسجين من الدم للتخلص من الحامض المتجمع بها.

وعلى هذا فإننا نجد أن كمية الأوكسجين اللازم للمجهود الشاق السريع أكثر مما يمكن أن يحصل عليه الفرد في الوقت الزمني المخصص لهذا المجهود، والفرق في كمية الأوكسجين المطلوبة للمجهود وكمية الأوكسجين التي حصل عليها الفرد من الجو مع التنفس أثناء هذا المجهود يسمى بالدين الأكسجيني Oxygen Depts وهذه الكمية تستدان من هيموجلوبين العضلات أثناء الأداء الرياضي، ويقوم الفرد بعد انتهاء الأداء الرياضي بتعويض هذه العضلات بما استدانه من أكسجين، وذلك عن طريق التنفس. وهذا ما يفسر استمرار زيادة سرعة التنفس لفترة بعد الانتهاء من القيام بالمجهود الرياضي وعلى هذا فمقدرة الرياضي على القيام برياضة شاقة ولفترات مختلفة تختلف من رياضي إلى آخر، وتتوقف هذه المقدرة على عاملين:

١ - أقصى كمية أكسجين يمكن للفرد أن يمتصها من الرئتين إلى الدم في الدقيقة، وهذا يتوقف على الجهاز التنفسي والجهاز الدوري والدم.

٢ - أقصى كمية دين أكسجيني يمكن للفرد أن يحصل عليها.

وكل من هذين العاملين يمكن أن يزداد بالتدريب، كذلك بمعرفة هذين العاملين يمكن تقدير المجهود الذي يستطيع الرياضي أن يقوم به، وكذلك الوقت الذي يستطيع أن يستمر في هذا الأداء الرياضي.

التهوية الرئوية أثناء التدريب Ventilation During Exercise:

تزداد عملية التهوية الرئوية أثناء التدريب البدني تبعًا لشدة التدريب وفترة دوامه وذلك للوفاء بمتطلبات الأنسجة العضلية من الأكسجين اللازم للزيادة في معجلات الأكسدة وإطلاق الطاقة.

وتمر التهوية الرئوية أثناء التمرينات بمرحلتين رئيسيتين: الأولى تكون الزيادة في التهوية متوسطة مقارنة بحالة الراحة، والمرحلة الثانية تكون الزيادة أعمق ومستمرة بزيادة الجهد البدني، ويسيطر على المرحلتين الجهاز العصبي المركزي والذاتي.

وتستمر الزيادة في التهوية الرئوية نتيجة زيادة عمليات الأيض وتغير الحالة الكيميائية للدم، فكلما زاد المجهود البدني ازدادت عملية الأيض داخل العضلات مما ينتج عنها زيادة في الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون.

ومن الملاحظ أنه أثناء المجهود البدني أيضًا يزداد التنفس في العمق وفي تكرار معدل التنفس، وبالتالي في حجم التهوية الرئوية، وعندما يتوقف الفرق عن بذل المجهود البدني تعود معدلات التنفس إلى وضعها الطبيعي، وتتوقف فترة العودة إلى الحالة الطبيعية (فترة الاستشفاء) على الحالة البدنية والتدريبية للفرد.

العوامل المؤثرة على الاستجابة للتدريبات الهوائية:

١-الوراثة Heredity:

المحددات الوراثية المتمثلة في الجينات تؤثر مباشرة في الاستجابة لتدريبات التحمل وقد تم دراسة تأثير الوراثة على تلك الاستجابات من قبل «بوشارد Bouchard» حيث تبين أن التوائم المتماثلة لها قيم متماثلة في أقصى استهلاك للأكسجين في أن الاختلاف يكون كبيرًا بالنسبة للتوائم غير المتماثلة.

٢-العمر Age:

يؤثر العمر على استجابة الجسم للتدريب، وخاصة في معدل أقصى استهلاك للأكسجين ولكن يجب التأكيد على أن التحسن في أجهزة الجسم يحدث للصغار ولكبار السن أيضًا، وربما يكون التحسن أضعف لدى كبار السن نتيجة الانخفاض في مستوى نشاط تلك الأجهزة، حيث اتضح أن تدريبات التحمل لكبار السن تحسن من أقصى استهلاك للأكسجين، ولكن ليس بنفس نسبة التحسن لدى الصغار.

٣-الجنس Gender:

الإناث غير الرياضيات لديهن قيم منخفضة من أقصى استهلاك للأكسجين مقارنة بالذكور، وتبلغ الفروق بينهم من ٢٠ إلى ٢٥٪ وعلى كل حال فإن الرياضيات اللاتي يمارسن رياضة التحمل في ظروف جيدة لديهن قيم تقترب كثيرًا من الرياضيين الذكور المدربين أيضًا في ظروف جيدة.

التغيرات أثناء الاستشفاء:

هناك نوعان من التغيرات أثناء الاستشفاء أيضا هما:

١-النقص المفاجئ في التهوية الرئوية بمجرد توقف التدريب، ويرجع ذلك إلى توقف النشاط الحركي، وبالتالي توقف التنبيه العصبي الناتج عن المستقبلات الحسية بالمفاصل والعضلات.

٢-بعد النقص المفاجئ في التهوية الرئوية يتم نقص تدريجي، ويرتبط تدرج الانخفاض بدرجة شدة الحمل البدني، فكلما ارتفعت شدة الحمل البدني تطول فترة استشفاء التهوية الرئوية، وهذه التغيرات ترتبط بنقص التنبيه الناتج عن نقص إنتاج ثاني أكسيد الكربون.

تكيف الجهاز التنفسي لحمل التدريب:

adaptation of respiratory system to training load:

أن عملية التكيف ظاهرة مركبة، يؤخذ فيها عدد من العوامل في الحسبان.

هناك تقسيمان لعملية التكيف، عملية تكيف مؤقت (حاد) acute adaptation، وعملية تكيف دائم (مزمن) chronic adaptation يدخل التكيف المؤقت (الحاد) في جميع أنشطة الجسم المتعلقة بتغيرات الحياة اليومية، في حين أن التكيف الدائم (المزمن) عبارة عن نتيجة لمثير بيئي مستمر، يسبب التكيف أو ما هي أسباب حدوث التكيف؟ يتطلب الحمل البدني الواقع على الجسم أثناء التدريب، عمل أغلب وظائف الجسم لضمان توفير عناصر عمليات الأيض المثلى بالعضلات العاملة، مثل الإمداد بالمواد الغذائية الضرورية، والأكسجين، والتخلص من الفضلات الأخيرة لعملية الأيض، لتحاشي ظهور حالة التعب مبكرا.

ويشير ذلك إلى أهمية الدور الكبير لتناسق وتوافق جهاز القلب والدورة الدموية أثناء الحمل البدني في الإمداد بالمواد الغذائية، والأكسجين لعمليات الأيض بالعضلات بواسطة الدم، والتخلص من المخلفات مثل ثاني أكسيد الكربون، وكذلك المواد الحمضية أيضًا.

ويرتبط الجهاز التنفسي ارتباطا تاما بجهاز القلب والدورة الدموية وبناء عليه لا يتطلب أي تغيير في عملية الأيض الاستجابات القلب وعائية (القلب والدورة الدموية) فقط بل والاستجابات التنفسية أيضًا.

التهوية الرئوية أثناء التمرينات Pulmonary Ventilation During Exercise:

التهوية الرئوية تزداد وتتحسن في غضون التمرينات وهذه الزيادة

التغيرات قبل التمرينات Changes Befor Exercise:

لوحظ أن التهوية الرئوية تزداد قبل البدء في التمرينات والمسابقات مباشرة وهذه الزيادة تظهر بوضوح في كل الأحوال وهي ليست ناتجة عن التمرينات لأنها تظهر

قبل البدء فيها، فأرى أن الاحتمال الأكبر لحدوث مثل هذه الزيادة ربما يكون ناتجا عن الإثارة المرتبطة بالقشرة المخية والموجهة لمراكز التنفس وما يتبع ذلك من انعكاسات تؤدي إلى زيادة التهوية الرئوية، وترتبط الزيادة أيضا بسبب توقع الفرد لما سيقوم به من جهد حيث تزداد العمليات العقلية العليا المرتبطة بالأداء الرياضي مما يؤثر في التهوية الرئوية ويزيدها.

التغيرات خلال التمرينات Changes During Exercise:

لوحظ أن التهوية الرئوية تحدث بها زيادة سريعة نسبيا ولبضع ثوان منذ بدء التمرينات وهي على ما يبدو مرتبطة من الإثارة الصادرة من حركة المفاصل وتستمر هذه الزيادة شيئا فشيئا حسب العمل العضلي واحتياجات الجسم من الأكسجين.

تأثير التدريب الرياضي على القلب والرئتين:

إن التدريب الرياضي يزيد من حجم قلب الرياضي عن قلب غير الرياضي بمقدار يتراوح من ٣٠ – ٣٥٪ حيث تنمو بدلك وتوقى أجزاء القلب المختلفة الأمر الذي جعل القلب يضخ كمية أكثر من الدم للعضلات لإمدادها بالأكسجين اللازم للعمل والإنتاج.

والقلب يدفع ما بين ٥ – ٦ لتر/ دم أثناء الراحة، وأثناء بذل المجهود تزداد كمية الدم إلى ٣٥ لتر/ دم.

وقد تختلف التغيرات التي تطرأ على الدورة الدموية باختلاف نوع المجهود العضلي المبذول، فمثلًا المجهود المبذول أثناء وضع الوقوف يختلف عن المجهود المبذول أثناء المشي أو الجري أو الرقود، ولذلك نجد أن الزيادة في حجم قلب الرياضيين يختلف مقدارها حسب نوع المجهود المبذول ونوعية المهارة الرياضية المؤداة.

العوامل المتحكمة في دفع القلب:

١ -كفاءة عضلة القلب.

٢-كمية الدم غير المؤكسدة الداخلة للقلب.

٣-سرعة ضربات القلب.

وإذا نظرنا إلى متوسط المعدل الطبيعي لدقات القلب في وقت الراحة نجدها ٧٠ دقة/ دقيقة، يصل هذا المعدل إلى ٢١٠ دقة/ دقيقة أثناء التدريب الرياضي، يمكن أن تزيد أو تقل حسب شدة وحجم ونوع التدريب الرياضي، ويمكن حساب الحد الأقصى لعدد دقات القلب بطرح عدد سنوات العمر من الرقم ٢٢٠، فإذا كان الممارس عمره ٢٠ عامًا ويطرح من ٢٢٠ يساوي ٢٠٠ دقة/ دقيقة الواحدة.

وهذا هو الحد الأقصى لدقات القلب والنشاط الرياضي المناسب لهذا الشاب في هذه المرحلة السنية، هو النشاط الذي يصل بدقات القلب إلى ١٥٠ دقة/ الدقيقة الواحدة، ومن ضمن هذه الأنشطة.

التجديف ـ ركوب الخيل ـ السباحة ـ الركض.

وسيحدث مقابل ذلك أيضًا تغيرات فسيولوجية إيجابية للرئتين، فلو أن الإنسان العادي غير الممارس للرياضة يتنفس بمقدار ١٥ مرة في الدقيقة، حيث يدخل الصدر ١٢ لترًا من الهواء النقي يستخلص منها ٢٠٠ ملجم من الأكسجين.

أما الممارس للرياضة يزداد تنفسه في المتوسط إلى ٥٠ مرة في الدقيقة الواحدة.

ونستخلص مما سبق الأهمية الكبرى للتدريب الرياضي وأثره بالغ الأهمية على القلب والرئتين.

عضلات التنفس والتدريب:

نظرا لكون عضلات التنفس هي عضلات هيكلية فيمكن زيادة قوتها وتحملها بواسطة برامج التدريب وهذه حقيقة وخاصة إذا ما ركزت برامج التدريب على تنمية هذه العضلات من ناحية القوة والتحمل لما لهما من أهمية في التحكم في التهوية الرئوية، كما يلاحظ في انخفاض التهوية الرئوية للرياضيين المدربين مقارنة

بغير المدربين، كما أن القوة والتحمل لعضلات التنفس لها علاقة بالأحجام والسعات الرئوية.

عمل العضلات الرئيسية للتنفس أثناء الراحة والتدريب:

(أ) يكيف الهواء المستنشق في السبل التنفسية قبل أن يصل إلى الرئتين: أي يسخن ويرشح ويرطب. كما يأخذ الهواء أثناء رحلته جزءًا من الماء الموجود في المخاط الذى يغطي التنفسية العلوية، بهذه الطريقة لا يجفف الهواء السبل التنفسية السفلية إضافة إلى ذلك يسخن الهواء بفعل تماسه مع المخاطية التي تبقى درجة حرارتها ثابتة عند ٣٧ مئوية بسبب الأوعية الدموية التي تغذها، كما ترشح المخاطية التنفسية جسيمات الغبار بفضل المخاط الذى يغطيها والذي يلتقط قسمًا كبيرًا من هذه الجسيمات يتحرك هذا المخاط بصورة دائمة باتجاه البلعوم دافعًا جسيمات الغبار بفضل الحركة التموجية للأهداب المهتزة التي تحملها الخلايا الظهارية في الغشاء المخاطي للرغامى ومن البلعوم تقذف الجسيمات إلى الخارج عن طريق العطاس والسعال.

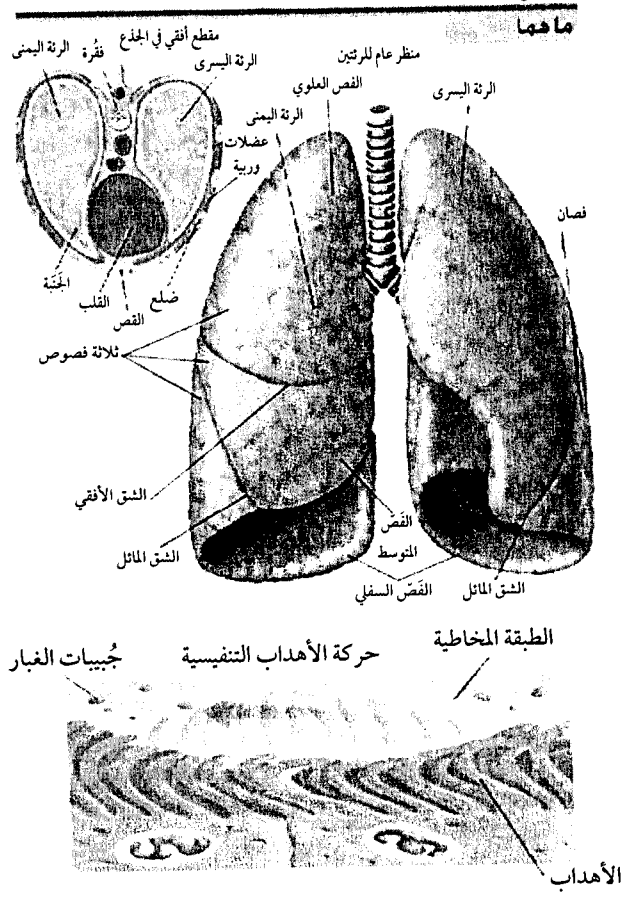
(ب) السعال: يشكل السعال أغرب إحدى الآليات الدفاعية للجسم والسعال فعل منعكس مهمته إبقاء السبل التنفسية خالية من الأقذار.

٨- القصبات الهوائية:

ينقسم الرغامى إلى القصبة الهوائية اليمنى واليسرى.

- اليمنى عريضة وقصيرة وأكثر عمودية من اليسرى، وهذا سبب دخول الأجسام الغريبة لها بشكل أكثر.
- القصبة الهوائية سواء اليمنى أو اليسرى فروع ثانوية (فصية) ٣ فروع لليمين وفرعين لليسار وكل منهم يذهب لفص في الرئتين.

* وفي الحقيقة هناك ٢٣ تفرع للمجاري التنفسية في الرئتين.



٩- الرئتان:

الرئتان كتلتان مرنتان إسفنجيتان تتقلصان وتتوسعان وفقًا للحركات الناتجة عن عمل عضلات القفص الصدري، تتمتع الرئتان مثل القلب بحماية داخل القفص الصدري بفضل العمود الفقري والأضلاع والقصب والرئة اليسرى أطول من الرئة اليمنى بقليل لكنها أصغر منها وتنقسم الرئة اليمنى إلى ثلاثة فصوص، بينما تنقسم اليسرى إلى فصين فقط.

■ تنقسم كل رئة إلى أجزاء مختلفة أو فصوص تحددها شقوق في النسيج الرئوي. في

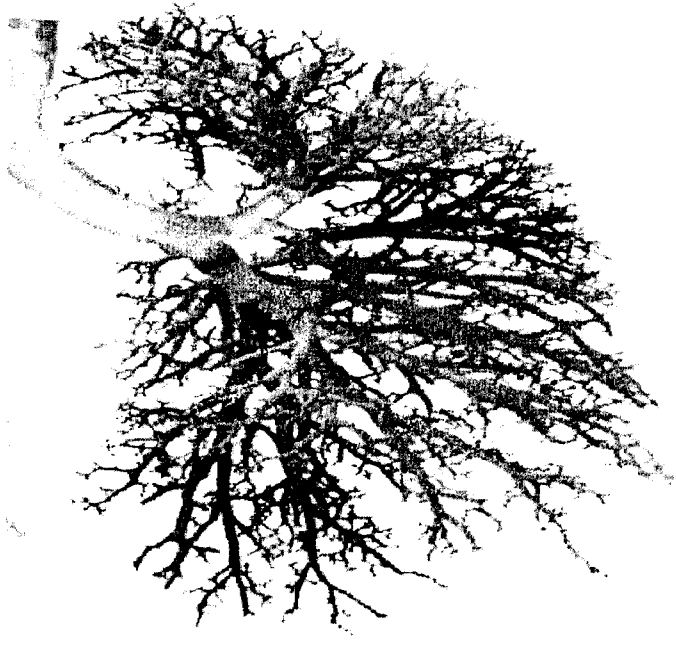
الرئة اليمنى فص ثالث ناتج عن وجود الشق الأفقي من جهة أخرى تتميز الجهة الأمامية للرئة اليسرى بانخساف ناتج عن وجود القلب.

- تنتهي القصيبات التي يتناقص قطرها تدريجيًا في أكياس صغيرة تعرف بالأسناخ إلى جعل النسيج الداخلي للرئتين إسفنجي القوام، تأخذ كريات الدم الحمراء الأكسجين الضروري للجسم من الهواء المستنشق الموجود في الأسناخ.

تحتوي رئتي الإنسان البالغ على نحو خمسة لترات من الهواء لكننا لا نشهق ونزفر دائما كل هذه الكمية أثناء الراحة لا يدخل أو يخرج في كل حركة تنفس أكثر من نصف لتر من الهواء في حين يدخل ويخرج حوالي اللترين من الهواء أثناء ممارسة الرياضة البدنية.

الرئة اليسرى

The Left Lung



التحكم بالتنفس

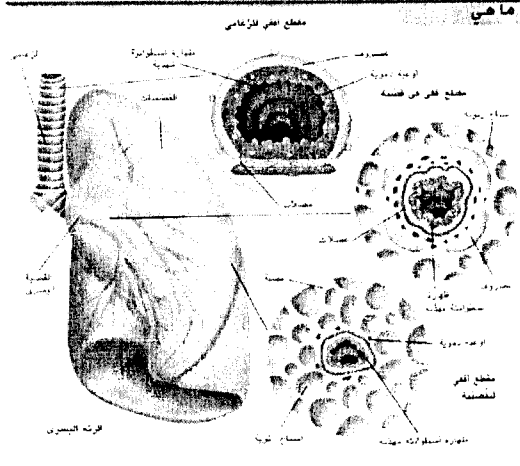
تدخل في عملية التنفس مجموعتان من العضلات بشكل أساسي هما: العضلات المائلة وعضلة الحجاب الحاجز.

- أثناء الشهيق تتقلص العضلات المائلة (الوربية) وترفع الأضلاع وتتقلص أيضًا العضلات ما بين الأضلاع وعضلة الحجاب الحاجز.
- أثناء الزفير تسترخي العضلات الوربية المائلة والحجاب الحاجز لطرد الهواء
- يتحكم في عمل الجهاز التنفسي مراكز تنفسية موجودة في النخاع المستطيل.
- المراكز العصبية التنفسية في النخاع المستطيل:

١- المركز العصبي التنفسي الخلفي: وهو مركز الشهيق .

٢- المركز العصبي التنفسي الأمامي: وهو مركز الشهيق والزفير ويعمل في الحالات القسرية.

القصيبات الأسناخ والتبادل الغازي



تتفرع القصيبات الرئيستان داخل فصوص كل رئة من الرئتين: تنقسم قصبة الرئة اليسرى إلى قصبتين فصيتين وتتفرع قصبة الرئة اليمنى إلى ثلاث قصبات فصية يتجه كل منها إلى أحد الفصوص الثلاثة.

- تستمر القصبات بعد ذلك في التفرع والامتداد داخل الرئتين حتى تتحول إلى

قصيبات دقيقة جدًّا وتصب هذه القصيبات في الأسناخ العديدة التي تؤلف النسيج الرئوي.

الأسناخ الرئوي:

الأسناخ الرئوي هي عبارة عن أكياس صغيرة يجري فيها التبادل الغازي مع كرات الدم الحمراء، وتتجمع هذه الأسناخ في كتل عنقودية الشكل في أطراف القصيبات وتحيط بكل سنخ كبيبة معقدة من الشعيرات الدموية الدقيقة.

تحتوي كل رئة على نحو ٣٠٠ مليون سنخ رئوي.

الحويصلات الهوائية (Alveoli)

يوجد في الرئتين ما يقارب من ٣٠٠ مليون حويصلة هوائية ومحاط بهذه الحويصلات شبكة دقيقة جدًّا من الشعيرات الدموية وهذا التداخل والتناسق ما بين الهواء القادم من الجو الخارجي المحمل بالأكسجين والدم القادم من القلب المحمل بثاني أكسيد الكربون يسمح بعملية انتقال الأكسجين من الحويصلات الهوائية إلى الشعيرات الدموية، وبالتالي نقله إلى كافة أنحاء الجسم وفي نفس الوقت التخلص من ثاني أكسيد الكربون.

مكونات الهواء الجوي :

١- هواء الشهيق نفس الهواء الخارجي.

٢- هواء الزفير نفس مكونات هواء الشهيق من (أكسجين ـ ثاني أكسيد الكربون ـ نيتروجين ـ بخار الماء).

التبادل الغازي بين الرئتين والأنسجة:

نقل الأكسجين من الرئتين إلى خلايا الجسم ونقل ثاني أكسيد الكربون من خلايا الجسم للرئتين بواسطة الدم.

تقوم خلايا الدم الحمراء بالنقل من خلال تركيب مركبات غير ثابتة بين الهيموجلوبين والغازات التنفسية ونسبة ضئيلة في صورة ذائبة في بلازما الدم.

عملية الانتشار:

التبادل الغازي بين الدم وهواء الحويصلات:

- الأكسجين: الهيموجلوبين المؤكسج مركب غير ثابت يتفكك إلى هيموجلوبين أكسجين عند انخفاض التركيز النسبي للأكسجين في أنسجة الدم.

يعتبر غاز أول أكسيد الكربون منافسًا قويًا للأكسجين في مقدرته على الارتباط بالهيموجلوبين (٢٠٠ مرة مقدرة الأكسجين فهو غاز قاتل حيث يكون مركب ثابت هو الكربوكسي هيموجلوبين ويجعله غير صالح للارتباط بالأكسجين فيتسبب بموت الإنسان خنقا).

- ثاني أكسيد الكربون ينقل في ثلاث صور:

بكربونات ـ متحد مع الهيموجلوبين ـ ذائب في بلازما الدم.

تنظيم عملية التنفس:

- مركز التنفس الموجود بالنخاع المستطيل المنظم الرئيس لحركة التنفس عن طريق تحكمه في حركة عضلات الصدر والحجاب الحاجز.
- الجهاز العصبي الذاتي يتحكم في ضيق الشعيبات واتساعها وتنشط بواسطة:

١ - نقص نسبة الأكسجين.

٢ - ارتفاع نسبه ثاني أكسيد الكربون الأهم.

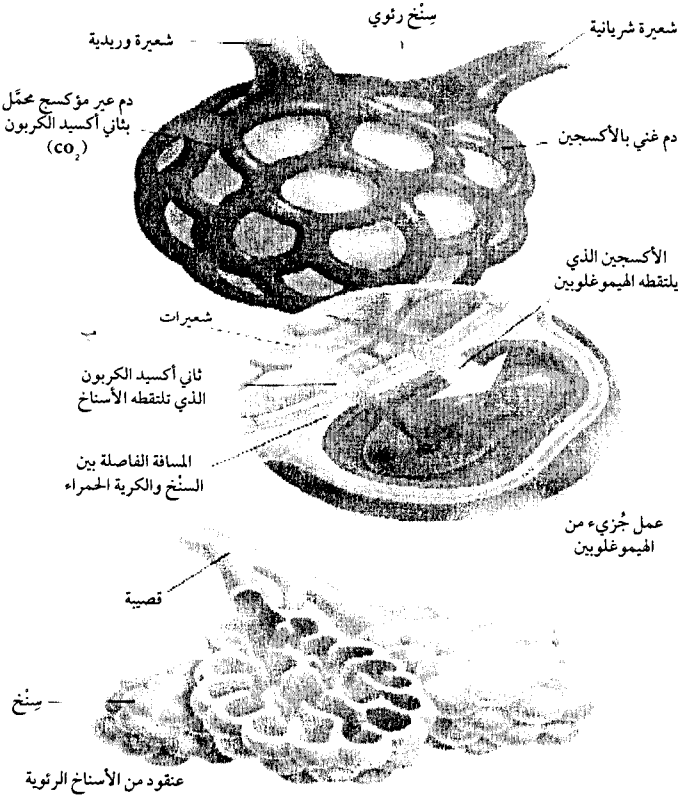
٣ - الصدمات العصبية تنشط مركز التنفس.

٤ - المواد المنومة والمخدرة تعمل على تثبيطه.

لماذا نحتاج إلى التنفس؟

تستعمل الخلايا أكسجين الهواء الذي نستنشقه كوقود لحرق الطعام والحصول على الطاقة اللازمة لعملها، لكن هذا الاحتراق ينتج عنه أيضًا غاز ثاني أكسيد الكربون، وهو سام للجسم لذلك فإن الدم يأخذ هذا الغاز من الخلايا وينقله في الأوردة إلى الأسناخ حيث يطرد إلى الخارج عن طريق الزفير.

يتوزع الأكسجين في قنوات تضيق تدريجيًا وتقوده في النهاية الأمر إلى الأسناخ الرئوية من ثم تأخذ الكرات الحمراء الأكسجين وتنقله إلى جميع خلايا الجسم وتحتوي الكريات الحمراء على بروتين يعرف بالهيموجلوبين يلتقط الأكسجين من الهواء الداخل بفعل الشهيق ويحمله إلى خلايا الجسم.



المراكز التنفسية Respiratory Centre

يمر هواء الشهيق عبر **الرغامى والقصبتين** (شعبتيه الأضيق) إلى الرئتين. وتشمل كل رئةٍ كثيرًا من القصيبات الشعرية تنتهي بعددٍ لا يحصى من الحويصلات الهوائية (أو **الأسناخ**) المبطنة بأغشيةٍ رقيقةٍ جدًّا يجري عبرها تبادل الغازات من الشعيرات الدموية التي تحيط بالأنساخ. وتعمل **العضلات الوربية** (بين الأضلاع) والحجاب الحاجز (تحت الرئتين) على تشغيل الرئتين **كالكير** (منفاخ الحداد)، تسحب الهواء إليهما ثم تدفعه خارجهما في فتراتٍ منتظمة. إذن أن التنفس يتم على مستوى الشعيرات الدموية.

التنفس الخلوي:

$C_6H_{12}O_6 + O_2 \qquad 6H_2O + 6CO_2 + 38\ ATP$

الهدف: إنتاج طاقة ATP.

المكان: فقط في الخلية.

عوامل مساعدة: إنزيمات خلوية، أكسجين، جلوكوز.

مواد ناتجة: ثاني أكسيد الكربون +ماء+طاقة حرارية.

تبادل الغازات:

الهدف: استيعاب أكسجين والتخلص من ثاني أكسيد الكربون.

المكان: في جميع أنحاء الجسم:

بين المحيط الخارجي وجهاز التنفس.

بين جهاز التنفس والدم.

بين جهاز النقل ـ الدم والخلية.

تبادل الغازات في الحويصلة الهوائية

يدخل للجسم عند الشهيق خليط من الغازات تتجمع جميعها داخل الحويصلة الهوائية، لكن ليست جميعها تنتقل للدم:

من الحويصلة -------> إلى الدم O_2

من الدم <-------- إلى الحويصلة CO_2

ما الذي يجعل هذه الغازات تنتقل حسب هذا الاتجاه؟

الانتشار

الانتشار هو إحدى طرق انتقال المواد داخل الكائن الحي وخارجة. هذه العملية لا تحتاج لطاقة وتحدث بسبب اختلاف تراكيز المواد.

تركيز المادة بحد ذاته يولد ضغط (ضغط اسموزي). كلما زاد تركيز المادة يزاد الضغط الاسموزي.

انتشار الغازات من وإلى الحويصلة الهوائية

- نسبة O_2 في الحويصلة أعلى من الدم.
- يحدث انتشار لغاز O_2 من الحويصلة للدم.
- نسبة CO_2 في الحويصلة أقل من الدم.
- يحدث انتشار لغاز CO_2 من الحويصلة للدم.

ضغط الهواء

يتأثر ضغط الهواء بعاملين:

١- الحجم: كلما زاد الحجم يقل الضغط والعكس صحيح.

٢- الكمية: كلما زادت كمية الهواء يزداد الضغط.

انتقال الهواء: ينتقل الهواء من الضغط العالي إلى الضغط المنخفض.

عملية الشهيق والزفير

عملية تبادل الغازات على مستوى الرئتين تكون على شكل شهيق وزفير. ويشترك في كلا العمليتين كل أعضاء جهاز التنفس من خلال انقباض أو انبساط العضلات.

من الجدير بالذكر أن دخول أو خروج الهواء لجهاز التنفس يسبقه التغير في وضع العضلات. بمعنى أن في البداية تنقبض/ تنبسط العضلات ثم يدخل/ يخرج الهواء.

تبادل الغازات .. نشاط دوري للشهيق والزفير.

الشهيق ...انقباض عضلات جهاز التنفس.

الشهيق:

- انقباض عضلة الحجاب الحاجز ـ للأسفل.
- انقباض عضلات القفص الصدري.
- توسع الرئتين بفعل القفص الصدري.
- زيادة حجم تجويف الصدر.
- انخفاض ضغط الهواء الداخلي.

الزفير ... انبساط عضلات جهاز التنفس.

الزفير:

- انبساط عضلة الحجاب الحاجز ـ للأعلى.
- انبساط عضلات القفص الصدري.

- تقليص الرئتين بفعل القفص الصدري.
- انخفاض حجم الرئتين.
- انخفاض حجم تجويف الصدر.
- ارتفاع ضغط الهواء الداخلي.

كيف يدخل ويخرج الهواء للرئتين؟

دخول الهواء للرئتين وخروجه منها منوط باختلاف ضغط الهواء داخل وخارج الرئتين. فالهواء ينتقل ـ كغيره من المواد ـ من الضغط العالي إلى الضغط المنخفض.

تبادل الغازات بين الدم والأنسجة

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 جدًّا، ومحاطة بشبكة من الشعيرات الدموية مساحتها حوالي ٧٠ م تحتوي خلايا تفرز مادة خاصة تدعى سير فاكتانت (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:

١ - تبادل الغازات بين هواء الجو والأسناخ، وتدعى التهوية الرئوية.

٢ - تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الأسناخ والشعيرات الدموية.

٣ - نقل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الدم.

٤ - تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الشعيرات الدموية والخلايا.

تأثير ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء الجوي

١- عندما تكون نسبة CO_2 في الهواء المستنشق طبيعية ٠,٠٥٪ لا يحصل أي تغيير على تنفس الشخص.

٢- إذا ارتفعت نسبة CO_2 في هواء التنفس إلى ٣٪ يزداد عمق التنفس وتبقى سرعته بطيئة ويدعى ذلك فرط التهوية.

٣- إذا ارتفعت إلى حوالي ٥٪ تزداد سرعة التنفس وعمقه.

٤- إذا ارتفعت إلى حوالي ٦٪ تباطأت الوظائف الدورانية والتنفسية وأصابهما الخمول والهمود ويصاب الشخص بالصداع والدوار والإغماء.

تأثير نقص الأكسجين في الهواء الجوي

إن النسبة المئوية للأكسجين في الهواء الجوي ٢٠,٩٥٪ فإذا انخفضت إلى أقل من ١٣٪ فإن التنفس سيزداد سرعة وعمقًا وبذلك تزداد كمية الأكسجين في الأسناخ الرئوية فتطرد كمية CO_2 من الأسناخ فيقل عمق التنفس لفترة قصيرة يعود بعدها التنفس عميقًا 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 أكسجينًا نقيًا لفترة تزيد عن بضع ساعات

إلا أنه من الممكن أن يتنفس مزيجًا غازيًا مكونًا من ٦٠٪ أكسجين و ٤٠٪ ثان أكسيد الكربون وغازات أخرى لفترة طويلة دون أن يسبب أضرارًا صحية.

نقص الأكسجين HYPOXEMIA المقصود بنقص الأكسجين هو النقص الحاصل عند مستوى خلايا أنسجة الجسم. أسباب نقص الأكسجين:

١ - نقص الأكسجين بسبب نقص دخول الأكسجين للجسم. وذلك بفعل نقصان الضغط الجزيئي للأكسجين (PO2) 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.

٢- 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 ٢١ مرة مما يؤدي إلى نقصان الأكسجين الواصل إلى الأنسجة.

٣- 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 طبيعيًا ثم يرتفع في الأوردة ليصبح أعلى مما هو في الشرايين.

٤- نقص الأكسجين الركودي: وهو ناتج عن بطء دوران الدم عبر الأنسجة فالضغط الجزيئي للأكسجين في الدم الشرياني طبيعي وكمية الأكسجين المحمولة طبيعية، ولكن الضغط الجزيئي للأكسجين وكميته في الدم الوريدي منخفضة جدًّا، وذلك في حالة هبوط القلب الاحتقاني.