الجهاز التنفسي Respiratory system

يعتمد الايض الهوائي في الخلايا الحيوانية على تجهيز O2 والمواد الغذائية من Co2 وبقية الفضلات الاخرى ، وفي الحيوانات المائية البسيطة فأن ذلك يجري بواسطة الانتشار البسيط عبر سطح الجسم . وان لمعظم الحيوانات متعددة الخلايا اعضاء تنفسية متخصصة ولها علاقة بجهاز الدوران . واعضاء التنفس تأخذ اشكال مختلفة من الصيغ ، ولكنها جميعاً تمتلك مساحة سطحية كبيرة مضغوطة في جزء صغير بالاضافة الى السطح التبادلي الكبير فأن الانسان وبقية الحيوانات تواجه تحدي فسلجي اخر الا وهو فقد الماء (الجفاف) Dehydration حيث اسطح التبادل يجب ان تكون رقيقة ورطبة كي تسمح للغازات بالمرور مع حمايتها من الجفاف نتيجة تعرضها للهواء ، بعض الحيوانات البرية مثل Slug البزاقة تأقلم نفسها حيث تنشط ليلاً .

ليس فقط هذين الجهازين يؤديان هذه الوظيفة انما هناك التجويف الصدري ، اي تأثير سلبي على الرئتين يؤثر على القلب والعكس بالعكس ، كما ان الجهاز التنفسي يعمل سوية مع الجهاز البولي لتنظيم ميزان الحامضية – القاعدية ، التغيرات في PH الدم تؤثر على التنظيم الذاتي لمعدل ضربات القلب وضغط الدم ولهذا فأن القلب الوعائي ، التنفسي والبولي لهما روابط فسلجية متداخلة .

ان مصطلح تنفس Respiration له ثلاث معاني :-

١. التهوية Ventilation وهي عملية دخول O2 الى الحويصلات الرئوية وخروج Co2 الى الهواء الجوي .
٢. التبادل الغازي بين هواء الحويصلات الرئوية والدم وبين الدم والسؤائل النسيجية .
٣. استعمال O2 في الايض الخلوي .

الاعضاء المكونة للجهاز التنفسي هي الانف Nose ، البلعوم pharynx والحنجرة Larynx القصبة الهوائية Bronchi Trachea والرئتين Lungs هذه الاعضاء تقوم بأستلام الهواء النقي ، تبادل الغازات مع الدم واحدى الغازات والهواء الملوث يتدفق الهواء داخل الرئتين على طول ممر يشمل

Bronchi ⟵ Bronchioles ⟵ Alveoli

حيث يتوقف داخل الحويصلات الهوائية (ملايين الاكياس الهوائية الميكروسكوبية ذات الجدران الرقيقية داخل الرئتين) حيث يتم من خلال جدرانها تبادل الغازات مع مجرى الدم .

قسم التوصيل Conducting division للجهاز التنفسي يشمل تلك الممرات التي تعمل على تدفق الهواء من فتحة الانف الى القصبات Bronchioles اما القسم التنفسي وهو الجزء الفعال فيتمثل في الحويصلات الرئوية Alveoli .

يطلق غالباً على الممرات التنفسية (الانف – البلعوم – والحنجرة) بالقناة التنفسية العليا upper respiratory tract (الراس والرقبة) ومن القصبة الهوائية الى الرئتين بالقناة التنفسية السفلى (الاعضاء التنفسية للصدر) الانف nose له وظائف عديدة ، تدفئة Warms تنظيف ترطيب الهواء المستنشق وتفخيم الصوت .

البلعوم Pharynx قمع عضلي يمتد حوالي ١٣ سم من ال choanae الى ال Larynx وله ثلاث مناطق

Laryngopharynx Oropharynx Nasopharynx

الحنجرة Larynx او voice box حجرة غضروفية حوالي ٤ سم طولاً تحتوي على لسان المزمار الذي يمنع الغذاء والماء من الدخول الى الممرات التنفسية بالاضافة الى وظيفتها في تكوين الاصوات .

القصبة الهوائية وفرعيها The trachea & bronchi

يبلغ طولها حوالي ١٢ سم وقطرها ٢,٥ سم ، تقع امام المرئ وحاوية على ١٦ – ٢٠ حلقة على صورة c لغضروف Hualine .

الرئتين Lungs : عضو مخروطي قاعدته تستند على الحجاب الحاجز وقمته غير حادة تسمى Apex القصبات The bronchial tree

الرئة نسيج اسفنجي Spongy parenchyma يحتوي على التفرعات القصيبية ، نظام عالي التفرع لانابيب الهواء يمتد من القصبات الاولية Primary Bronchus الى حوالي ٦٥٠٠ قصيبة طرفية . قصيبتين اوليتين تنشأ من القصبة الهوائية عند مستوى عظم القص ، وكل واحدة تستمر ٢ – ٣ سم وتدخل الى Hilum لكل رئة . القصيبة الهوائية pri. Bron مجهزة بغضروف Hualine على صورة C ، كما ان اقسام الشجرة القصيبية تمتلك كميات اضافية من الانسجة الرابطة المطاطية والتي تكون مهمة لطرد الهواء من الرئتين . بعد دخولها ال Hilum فأن ال Pri- bron تتفرع (فرع واحد لكل فص رئوي) ولهذا هناك قصبتين ثانويتين في الرئة اليسرى وثلاث في اليمنى .

Bronchioles

هي امتداد الممرات التنفسية والتي يكون قطرها ١ ملم او اقل وناقصة الغضروف كل Bronchiole تنقسم من ٥٠ – ٨٠ Bronchioles طرفية ، الفروع النهائية لقسم التوصيل وتكون بقطر ٠,٥ ملم او اقل وليس لها غدد مخاطية او خلايا Gobelt ولها اهداب ، المخاط يسري اليه من الممرات العليا وكل قصبة طرفية تعط اثنين او اكثر من ال Bronchioles الاصغر والتي تشير الى بداية اقسام التنفس ، كل فروع اقسام التنفس تعرف بواسطة وجود الحويصلات الرئوية .

الحويصلات الهوائية Alveoli

التركيب الوظيفي المهم في رئة الانسان ، وفي البرمائيات مثل الضفدع فأن الرئة عبارة عن كيس بسيط مبطن بأوعية دموية ، هذا يكفي لتلبية احتياج هذه الحيوانات من الاوكسجين للانخفاض النسبي لمعدلات الايض لهذه الحيوانات ، اللبائن تحتاج الى معدلات ايضية عالية ولهذا فأن الرئة البسيطة لاتستطيع تلبية تلك الاحتياجات في الانسان كل رئة هي كتلة اسفنجية تتكون من ١٥٠ مليون كيس صغير (حويصلة) والتي تجهز حوالي ٧٠ م^{٢} سطح تبادلي غازي والحويصلة عبارة عن جراب يتراوح قطره بين ٠,٢ – ٠,٥ ملم ولها نوعين من الخلايا

.

Type I cells خلايا رقيقة تسمح لانتشار الغاز بسرعة بين الحويصلة والدم
Type II Cells وهي تفرز سائل يشبه مسحوق الغسيل Surfactants والذي يشكل طبقة رقيقة في داخل Bronchioles alveoli
Alveoli macrophage (dust cell) تتواجد في تجاويف الحويصلات وبين الانسجة الرابطة ، انها خط الدفاع ضد المواد المستنشقة ، الذرات التي قطرها اكثر من ١٠ ميكروميتر يقوم مخاط القناة التنفسية العليا بأصطياده ، الذرات التي قطرها ٢ – ١٠ ميكروميتر تصطاد بواسطة مخاط ال Bronchi وال Bronchioles بينما الذرات التي قطرها اقل من ٢ ميكروميتر فيجري اصطيادها بواسطة البلعمة .
كل حويصلة محاطة بسلة من الشعريات الدموية يجهزها الشريان الرئوي ، الحاجز بين الهواء الحويصلي والدم غشاء يدعى بالغشاء التنفسي وبسمك ٠,٥ ميكروميتر .

الدورة الرئوية لها ضغط دموي منخفض ، ففي الشعريات فأن متوسط ضغط الدم يبلغ ١٠ ملم زئبق في حين ان ضغط الدم في الشريان الرئوي هو ٢٥ ملم زئبق . يحدث التناضح للماء مما يجعل الحويصلة خالية من السوائل كذلك يجري تصريف اللمف في الرئتين بدرجة اعلى من بقية اعضاء الجسم كما ان انخفاض ضغط الدم الشعري يمنع تلف الاغشية التنفسية .

The pleurae

سطح الرئة يغطى بغشاء The visceral pleura والذي يمتد الى داخل Fissures عند ال Hilum فأن Visceral pleura يلتف على نفسه مكوناً parietal pleura والتي يلتصق الى Mediastinum السطح العلوي للحجاب الحاجز ، والسطح الداخلي للقفص الصدري .

الفراغ بين parietal & visceral pleura يدعى التجويف الجنبي pleural cavity عادة الغشائين مفصولين بواسطة طبقة رقيقة من السائل الجنبي pleural fluid ولهذا فأن التجويف الجنبي هو المكان الوحيد . لامجال بين الاغشية ولكن في الحالات المرضية فأن هذا الفراغ يمتلئ بالهواء او السائل .

للجنب والسائل الجنبي ثلاث وظائف :-

١. الحد من الاحتكاك Reduction of Friction

السائل الجنبي يعمل كمزيت يمكن الرئتين من التوسع مع الحد الادنى من الاحتكاك في بعض اشكال pleursity فأن ال pleurae تكون جافة وملتهبة .

٢. خلق ضغط الانحدار Creation of pressure gradient

الضغط في التجويف الجنبي هو اقل من الضغط الجوي وهذا يساعد في تضخيم الرئتين .

٣. التقسيم Compartmentalization
Pericardium , Mediastinum , pleurae هي تقسم الصدر وتمنع

العدوى التي تصيب احد الاعضاء من الانتشار بسهولة الى الاعضاء المجاورة .

قوانين الغازات Gas law ان تدفق الهواء في الجهاز التنفسي مشابه لتدفق الدم في الجهاز القلبي الوعائي وعلى الرغم من ان الدم سائل غير مضغوط non compressible والهواء خليط مضغوط من الغازات فأن ضغط الدم وضغط الهواء للغلاف الجوي كلاهما يكتب mmHg ، وعند مستوى سطح البحر يعادل صفراً حيث القلة من الناس تعيش عند مستوى سطح البحر مع وجود اختلافات الضغط كلما ارتفعنا عن مستوى سطح البحر .

الهواء المحيط بالارض هو خليط من الغازات وبخار الماء وينص قانون دالتون Dalton's law على ان الضغط الكلي لخليط من الغازات هو مجموع الضغوط الجزيئية لتلك الغازات ، ولهذا ففي الهواء الجاف عند مستوى سطح البحر (٧٦٠ ملم زئبق) فأن الهواء يتكون من ٧٨ % نتروجين و٢١ % اوكسجين . في الفسلجة التنفسية يتم التعامل مع الضغوط الجزيئية لغاز O2 و Co2 بالاضافة الى الضغط الجوي

الغازات تتحرك منطقة مرتفعة بالضغط الى منطقة اقل ضغطاً

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 بالضغط ان حركة الصدر خلال عملية التنفس تخلق حالات ضغطية متغيرة داخل الرئتين الانتشار البسيط ل O2 و Co2 بين الرئة والدم والخلايا يعتمد على ضغط الانحدار لهذه الغازات . علماء فسلجة التنفس اشاروا الى ان الضغوط الجزيئية ل O2 و Co2 في الجسم دون تركيز هذه الغازات في سوائل الجسم كون هذا القياس يسمح بالمقارنة المباشرة للضغوط الجزيئية للغازات ، حيث ان حركة الغازات من الهواء الى السائل تتناسب طردياً مع العوامل التالية .

١. ضغط الانحدار pressure Gradient للغاز المنفرد .
٢. قابلية ذوبان الغاز في المحلول .
٣. درجة الحرارة .

التهوية Ventilation

هي حركة الهواء بين الجو الخارجي والحويصلات الرئوية .

الممرات التنفسية العليا وال Bronchi تعمل اكثر من كونها ممر هوائي ، فهي تلعب دور مهم في تكييف الهواء قبل وصوله الى الحويصلات الرئوية ، ويتمثل التكييف في ثلاثة اشياء :-

١. تدفئة الهواء الى ٣٧ مْ ولهذا فأن درجة حرارة الجسم المركزية لاتتغير ، ولايحدث اي ضرر للحويصلات في حالة برودة الهواء .
٢. اضافة بخار الماء لحين وصول رطوبة الهواء الى ١٠٠ % ولهذا لايحدث جفاف للطبقة الطلائية .

٣. ترشح المواد الغريبة ولهذا فأن الفيروس ، البكتريا ، الجزيئات غير العضوية سوف لاتصل الى الحويصلات الرئوية .

يتم تدفئة وترطيب الهواء المستنشق بالحرارة وبخار الماء من المخاط المبطن للممرات الهوائية ففي الظروف الطبيعية فأن الهواء يصل الى القصبة الهوائية وال Bronchi هذه الممرات مبطنة بأهداب من الطبقة الطلائية ، كما ان هذه الطبقة تفرز المخاط ومحلول ملحي مخفف حيث تنغمس به الاهداب وتغطي بطبقة لزجة من المخاط ، حيث يفرز المخاط بواسطة خلايا كوبلت Gobelt cells فيصطاد المخاط معظم الجزيئات المستنشقة اكبر من ٢ ملم ، كما ان الكوبيولين المناعي يقوم بقتل كثير من الاحياء المجهرية المستنشقة بعملية التنفس Breathing .

تحتل الرئتان التجويف الصدري وان عملية التنفس تتم بزيادة ونقصان حجم هذا التجويف يسمى هواء الرئتين بالهواء الحويصلي او السنخي Alveolar وهو يختلف عن هواء الغرفة بكونه يحتوي على كمية اقل من O2 وكمية اكثر من Co2 ان الهواء الحويصلي هو الذي يتلامس مع الدم الجاري خلال الشعريات الرئوية . ان الدم في هذه الاوعية لايتلامس مطلقاً مع هواء الغرفة ، وعند التحليل فأننا نرى ان الهواء الحويصلي يتكون من :-

١٤% O2 ، ٥,٥ % Co2 ، ٨٠ % N بينما هواء الغرفة يتكون من ٢١ % o2 ، صفر % co2 ، ٧٩ % N توجد كمية قليلة من CO2 في هواء الغرفة مهمة جداً للنبات وحيث ان هذه الكمية تساوي فقط ٠,٠٣ % فهي بالنسبة للانسان والحيوان تساوي صفر .

ان عملية زيادة حجم الصدر ونقصانه بالتناوب تكون تحت سيطرة مجموعة من الخلايا العصبية تقع في الدماغ في التكوين الشبكي Reticular Formation للنخاع تعرف بمركز التنفس Respiratory center ومن هذا المركز تتجه اعصاب الى العضلات التنفسية تتم عملية الشهيق Inspiration بتقلص العضلات بين الاضلاع والتي ترفع جدار الصدر عالياً وللخارج ، وتتقلص عضلة الحجاب الحاجز Diaphragm والتي تدفعه نحو الاسفل ضاغطة بذلك على المحتويات البطنية .

اما عملية الزفير Expiration فتتم بانبساط هذه العضلات ، والارتداد المطاطي للرئتين ولجدار الصدر يعيدان الصدر الى مستواه التنفسي الساكن .

فعالية العضلات التنفسية عن طريق مركز التنفس في النخاع بأستعمال العضلات التنفسية والتي هي من نوع العضلات المخططة ، ان العضلات المخططة هي التي تستعمل في الحركات الارادية ، فهي مجهزة بأعصاب تنشأ من خلايا القرن الامامي للحبل الشوكي ، وتخرج الاعصاب الحركية عن طريق جذور العصب الامامية لتتجه الى الياف العضلات التنفسية .

ان الشهيق عملية فاعلية Active اي انها تحصل بتقلص عضلات الشهيق ، والزفير عملية منفعلة passive اذ انها تتم بالارتداد المطاطي للرئة ولجدار الصدر ، ويوجد عضلات زفيرية ولكنها لاتستعمل الا في حالة زفير قوي جداً كما هو الحال عند نفخ نفاخة او نفخ كرة القدم .

وعندما يزداد التنفي ، كما في التمارين فأنه تستخدم عضلات لاحقة اضافة الى العضلات الشهيقية الطبيعية ، ان هذه العضلات اللاحقة تستعمل لرفع القفص الصدري ومن ثم زيادة حجم الصدر ، والعضلات اللاحقة الرئيسية والتي ترتبط جميعها بالمنطقة العنقية للعمود الشوكي او

الجمجمة هي القصبة الخشالية sternomastoid والتي تنشأ من عظم الترقوة وتندغم في النتوء الغشائي Mastoid process للجمجمة والعضلات الصدرية ايضاً عندما يكون حزام الكشف مثبتاً في حالة رفع جسم ثقيل .

تمدد الرئتين Exapnsion of the lungs

الرئتان تركيبان مطاطيان ينكمشان خارج كالنفاخة المفرغة من الهواء ، وفي الصدر فهما متمددان للتجويف الصدري بأكمله ولاتوجد مسافة بين السطح الخارجي للرئتين والسطح الداخلي للصدر ، واذا حدث ان دخل الهواء بين السطح الخارجي للرئتين والسطح الداخلي للصدر فأنهما سينكمشان وتعرف هذه الخالة بأستروا ح الصدر pnumothorax واذا ماحدث استرواح صدري فأن الحركات التنفسية سوف لن تؤدي الى تبادل غازي في الرئة ، وقد يحدث الاسترواح الصدري نتيجة اذى صدري يسمح بدخول الهواء الى الصدر ، او قد يحدث من ثغرة في الرئتين او مجلة Bulla منفجرة والتي تسمح للهواء بالدخول بين الرئتين والصدر مسببة انكماش الرئة .

ان المنعطف Media sternum يفصل جانبي الصدر ونتيجة لذلك فأن استرواح لجانب واحد سيعطل رئة واحدة فقط . وسيكون بالامكان استعمال الرئة الاخرى للتنفس لكن انحراف المنعطف سيعيقه ، ولمنع انكماش الرئتين بعد عملية شق الصدر Thoractomy فأنه يجب استعمال ختم مائي مع انبوب تصريف .