الجهاز التنفسي Respiratory System

تختلف الحيوانات في مقدرتها على المعيشة في البيئات التي تحتوي على تركيزات متباينة من الاوكسجين فنجد مثلا ان بعض انواع البكتريا والطفيليات الداخلية (المعوية) يمكنها العيش فيبيئة خالية من الاوكسجين والهواء anaerobic وذلك لمقدرتها على الحصول على الطاقة اللازمة لها من نواتج بعض التفاعلات الحيوية التي لاتحتاج الى الاوكسجين عند اكسدتها مثال ذلك عندة اكسدة الكلوكوز لانتاج حامض اللبنيك والطاقة.

كذلك فان الحيوانات المائية تعتمد الى حد كبير على الاوكسجين المذاب في الماء في حين معظم الحيوانات الثدية والطيور تعتمد على الاوكسجين الموجود في الهواء لانجاز عملية التنفس . يتطلب ادامة العمليات الحيوية في جسم الحيوان صرف طاقة باستمرار ويكون صرف الطاقة عالي جدا خلال عمل ونشاط . ويتم ذلك عن طريق اكسدة المواد الغذائية الممتصة بواسطة الاوكسجين .

عند اكسدة المواد العضوية المعقدة في الخلايا فانها تتحول الى مواد ابسط في التركيب والتي تستخدم من قبل الجسم وبنفس الوقت تحرر نواتج عملية الاكسدة التي هي ثاني اوكسيد الكاربون والماء . تكون المواد المتحللة نتيجة لعملية الاكسدة يفترض بنفس الوقت توفير الاوكسجين بشكل مستمر واللازم لتحقيق عزل وطرح النواتج غير المهمة للجسم.

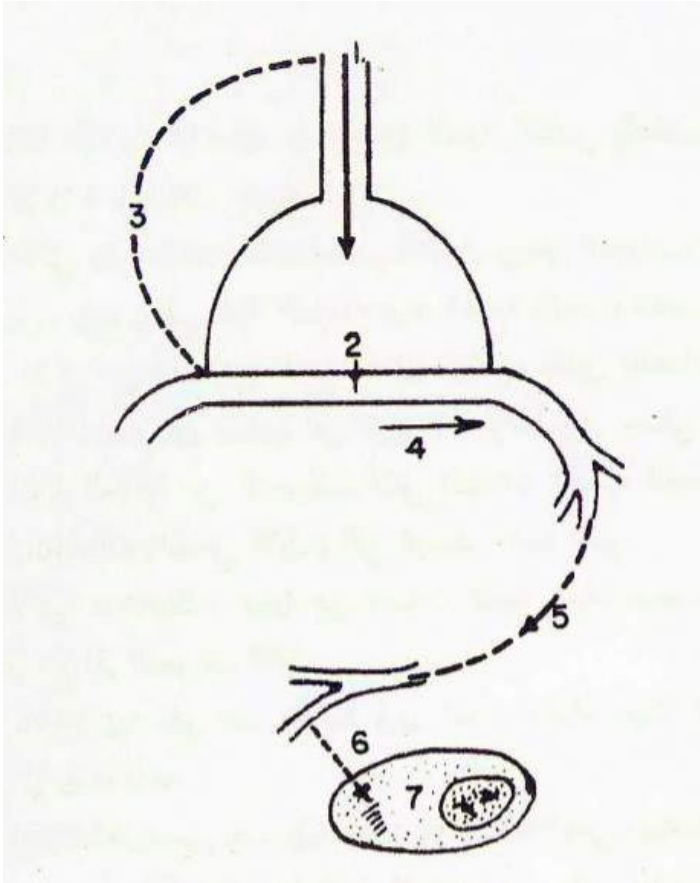
ولذلك فأن الوظيفة الرئسية للجهاز التنفسي يعبر عنها **بعمليتين رئيسيتين تنجزان بنفس الوقت التي هي الامداد المستمر للاوكسجين والطرح المستمر لثاني اوكسيد الكاربون اما الوظيفة الثانية للجهاز التنفسي فتشمل المساعدة على تنظيم الحموضة للسوائل الموجدة في خلرج الخلايا الجسمية . والمساعدة على تنظيم درجة حرارة الجسم والتخلص من الماء واظهار الصوت .**

التبادل الغازي المباشر بين الجسم والوسط الخارجي يتحقق عن طريق الجهاز التنفسي (الرئتين) وهذه العملية يطلق عليها بالتنفس الخارجي او الرئوي العملية التنفسية تشمل كذلك نقل الاوكسجين من الرئتين الى الانسجة ونقل ثاني اوكسيد الكاربون من الانسجة الى الرئتين وهذه العملية تدعى بعملية نقل الغاز Gas transport .

اعطاء الاوكسجين من الدم الى السائل النسيجي وانتقاله الى الخلايا بعد ذلك ،لاستخدامه في عمليات الايض وكذلك الحال الطريق المعاكس في انتقال قاني اوكسيد الكاربون من خلايا الى الدم هذه العملية تسمى بالتنفس الداخلي او النسيجي .

لذلك يمكننا ان نضع 7 خطوات رئيسية تتضمنها عملية التنفس والتي هي حسب الترتيب (شكل 1)

1. التهوية ventilation -وتشمل حركة حركة الاوكسجين من الهواء الى داخل الاسناخ alveoli في الرئيتين (وحركة ثاني اوكسيد الكاربون بالاتجاه المعاكس):
2. الانتشار -Diffusion حركة الغازات عبر حاجز الغاز- الدم gas barrier-blood
3. التنسيق بين حركة الدم والتهوية – غير واضحة بشكل جيد في الرسم ولكنها مهمة في عملية التبادل الغازي.
4. حركة الدم في الرئتين- تتم لنقل الغازات خارج الرئتين.
5. نفل غازات الدم – عمل الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون في الدم.
6. انتقال الغازات بين الشعيرات الدموية والخلايا.
7. الاستفادة من الاوكسجين وطرح ثاني اوكسيد الكاربون في داخل الخلايا الجسمية



شكل (1) :- ويوضح تسلسل الخطوات منذ استلام الاوكسجين من الهواء وحتى وصوله الى الانسجة

1.التهوية

2.الانتشار عبر حاجز الدم-الغاز

3.تنسيق حركة الدم والتهوية

4.حركة الدم في الرئتين

5.نقل غازات الدم

6.انتقال الغازات بين الدم والخلايا

7.الاستفادة من الاوكسجين من قبل متقدرات الخلايا

تركيب الجهاز التنفسي structure of respiratory System

يتالف الجهاز التنفسي في حالة الثدييات من الرئتين والمسالك المؤدية اليها والصدر وغشاء الجنب Pleura والعضلات والاعصاب المتصلة بها ويضاف لها في الطيور الاكياس الهوائية والفراغات الموجودة في بعض العظام مما يؤدي الى ان يكون الجهاز التنفسي للطيور اوسع منها في الثدييات.

وتشمل المسالك الهوائية:-

1. **المنخران Nostrils**

وهما الفتحتان الخارجيتان للجهاز التنفسي وتختلف في الشكل والحجم والصلابة باختلاف الحيوانات .

2. **التجويف الانفي Nasal Cavity**

ابتداءا من المنخران ويبطن التجويف الانفي بغشاء مخاطي ورطب ولزج يعطي الهواء الداخل درجة الحرارة والرطوبة المناسبتين ويفصل التجويف الانفي عن الفم عن طريق الحنك الصلب واللين Palate a hard and soft وكذلك يقسم الى نصفين عن طريق حاجز غضروفي وسطي. وتوجد في المنطقة الذيلية الخلفية من التجويف الانفي النهايات الحسية للعصب الشمي olfactory nerve(القحفي الاول) التي تتوسط حاسة الشم.

3. **الجيوب الانفية – Sinuses**

عبارة عن فجوات مملوءة بالهواء موجودة في العظام القحفية وتفتح الى التجويف الانفي .

4. **البلعوم Pharynx**

وهو عمر مشترك لمرور الغذاء والهواء حيث لايمكن انجاز العمليتين في وقت واحد.

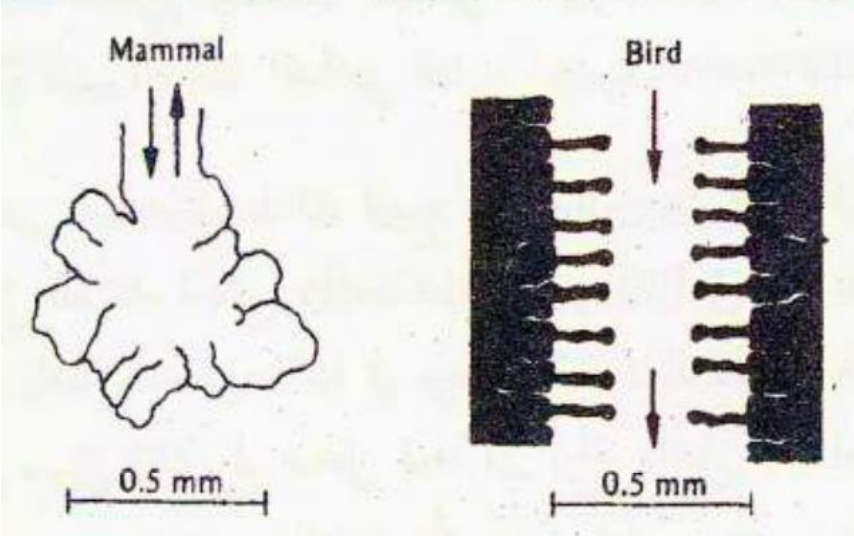
5. **الحنجرة Larynx**

او تسمى بصندوق الصوت voice box وهي مهيئة بشكل خاص لنعمل كصمام منظم لكمية الهواء الداخلة والخارجة في عمليتي الشهيق والزفير.

6. **الرغامي trachea**

وهي عبارة عن انبوية مفتوحة غير قابلة للالتواء متكونة من حلقات غضروفية عددها 30-60 ومترابطة وغير مكتملة الاستدارة في الثدييات اذ تكون على شكل حرف(C) في حين في الطيور تكون كاملة الاستدارة واطول من مثيلاتها في الثدييات ويبطن جدارها الداخلي غشاء مخاطي مكسو بخلايا طلائية هرمية عمودية الشكل هي خلايا Gobert وظيفتها حجز الاتربة والمواد الغريبة من

دخولها : ويحتوي الغشاء المخاطي والطبقة التي تحته على غدد مخاطية تفتح في تجويف الرغامي ينقسم الرغامي عند منطقة قاعدة القلب تقريبا الى قسمين رئيسين تدعى بالقصبة الهوائية bronchus وكل واحدة منها يدخل رئة وبعد ذلك تتفرع الى قصبات اصغر وهذه وبدورها تتفرع الى قصيبات هوائية bronchioles وهناك نظم متعددة للقصبات الهوائي التي تتفرع الى فروع ادق هي القنوات السنخية alvcoli ducts التي تنتهي بالاكياس السنخية alvcolar sac المتالف من مجموعة من الاسناخ alvcoli التي هي اصغر واخر الممرات الهوائية في رئتي الطيور فيدعى بنظيرات القصيبات parahyonchi التي يحدث فيها التبادل الغازي (شكل2)



شكل(2) :- يوضح اصغر وحدات رئة الثديات هي الاستنساخ شبيه بالاكياس .في الطيور فأن اصغر تفرع في الرئة هو عبارة عن انبوب مفتوح النهايات ويسمح بمرور الهواء

7. الرئتين lungs

شكلها يشبه المخروط وهي مطاطة لكونها مملوءة بالفراغات التي يدخلها الهواء وبهذا فهي تملا التجويف الصدري ولغاية الولادة تملا الرئتين تماما التجويف الصدري ولكن بعد الولادة يبدا القفص الصدري بالنمو السريع الذي يفوق نمو الرئتين وبهذا فان حجمها يقل نسبيا مقارنة بحجم القفص

الصدري وفي كل رئة يوجد منخفض قرب الجانب الوسطي لها يعرف بالنقير hilus ومن خلال تمر القصبة الهوائية والاوعية الدموية واللمفاوية والاعصاب لتدخل الرئة وتقسم الرئة الى فصوص عن طريق وجود شقوق عميقة في الجزء البطني للرئة .في الطيور تكون قدرة الرئة على التمدد والتقلص محدودة جدا مقارنة برئة الثديات وذلك لان رئة الطيور عبارة عن ممر هوائي يحدث فيه التبادل الغازي ومتصل بالاكياس الهوائية التي هي لها القدرة الواسعة على التمددوالتقلص في حين رئة الثديات تمثل كيسا هوائيا

ميكانيكية التنفس – The mechanism of respiration

يؤدي توسع وانقباض الصدر في الثدييات الى دخول وخروج الهواء من والى الرئتين باستمرار ان تغير حجم القفص الصدري يعود الى حركات كل من الاضلاع الصدرية والحجاب الحاجز ففي عملي الشهيق inspiration يتوسع القفص الصدري محدثا ضغطا سالبا (اقل من الضغط الجوي) في التجويف الجنبي pleural cavity مما يؤدي الى توسع الرئتين وبذلك يدخلها الهواء ان حدوث عملية الشهيق يتجه اولا من توسيع الاضلاع حيث يؤدي دورانها قحفيا ا والى الامام الى زيادة القطر المستعرض للصدر في حين دورانها الى الخلف يقلل من القطر المستعرض للصدر وثانيا من تقلص الحجاب الحاجز Diaphragaim نحو الجه البطنية (الحجاب الحاجز)تركيب مقوس يكون تحدبه بتجاه الصدر او الى الاعلى يوسع ايضا من القفص الصدري زهناك عضلات تسيطير على عملية سحب الاضلاع والحجاب الحاجز نحو الخارج تعرف بعضلات الشهيق Inspiratory muscles وفي عملية الزفير Expiration التي تمثل محاولة رجوع القفص الصدري الى وضعه الطبيعي عن طريق سحب الاضلاع الى الخلف ورجوع الحجاب الحاجز الى وضعه المقوس باتجاه تجويف الصدر بواسطة عضلات متخصصة تعرف بعضلات الزفير Expiratory muscles ممايؤدي الى تقليل حجم الصدر وبالتالي ارتفاع الضغط او خروج الهواء من الرئتين باتجاه الخارج والسبب الرئيسي لتغير حجم الرئتين خلال عمليتي الشهيق والزفير يعود الى تغير الضغط الداخلي لغشاء الجنب Intrapleural pressure حيث يكون القفص الصدري بذلك اوسع من الرئتين ونتيجه لذلك ينشا الضغط السالب في فراغ داخل الغشاء الجنبي Intrapleural cavity (يكون هذا الضغط اقل من الضغط الجوي) ولغشاء الجنب اهميه في وجود الضغط السالب هذا حيث له قدرة امتصاصيه عاليه وعلى سبيل المثال لو ادخله هواء الى فراغ داخل الغشاء الجنبي (داخل القفص الصدري) بعد مرور فترة من الوقت فأن غشاء الجنب يمتص الهواء الى الخارج ويعيد حالة الضغط السالب داخل الفراغ هذا اضافة لذلك فهناك ميكانيكة خاصة تشتلرك بشكل فاعلفي المحافظ على الضغط السالب هذا.

فيظهر الضغط الداخلي لغشاء الجنب القوي المطاطية elastic forces للرئتين ففي حالة الشهيق ترتفع القوى المطاطية للرئتين ويرتفع الضغط الداخلي لغشاه الجنب ايضا ولكنه يبقى اقل من الضغط الجوي وتنتج القوى المطاطيه للرئتين من وجود العديد من الالياف المطاطية Elastic fibers في جدران اسناخ الرئه والتوتر السطحي Surface tensionلطلبقة السائل الرقيقة الذي يغطي جدرانها الداخليه والتوتر السطحي هو نتيجة لوجود مادة نشطة خاصة هي **سورفكتانت Surfactant** تتكون في متقدرات Mitochondria خلايا ظهارة غير كثيف على سطح الاسناخ وتنشط التوتر السطحي لطبقه السائل الرقيقه التي تعطي الاسناخ وفي حالة الزفير فان جزيئات السورفكتانت تترتب بشكل كثيف جدا الواحدة قرب الاخرى لتقليل من التوتر السطحي في حالة توازن الضغط الداخلي الرئوي intrapulmonary pressure والضغط الداخلي لغشاء الجنب Intrapleural pressure فان القوى المطاطية تتوقف عن العمل وكذلك التنفس وتسمى هذا الحالة استرواح الصدر .Pnecumothorax ويكون تغير الضغط الداخلي لغشاء الجنب مهم حيث يلعب دورا مهما في كثير من العمليات الفسيلوجية مثل نشاط اقل الدورة الدموية الاجترار Rumination وعادة مايصرف من جهد في عملية الشهيق اقل عما هوه عليه في حالة الزفير خلال التنفس الهادئ ولكن يمكن احداث زفير عالي عندما ينغلق المزمار Glottis وهذا يساعد الحيوانات في عملية التغوط والتبول وطرح الجنين عند الولادة

سرعة التنفس Rate of Respiration

تعرف على انها عدد مرات التنفس خلال دقيقة واحدة وتتاثر بعدة عوامل اهمها درجة تمثيل المواد الحيوية وعمر الحيوان فالحيوانات اليافعة وخاصة المولدة حديثة على انها تتنفس اسرع من الحيوانات الكبيرة العمر وتاثر الحالة الفسيلوجية للحيوان على سرعة التنفس مثل ذلك الحمل طبيعة عمليات الهضم للمواد والاجهاد العظلي وغيرها وكذلك البيئة المحيطة للحيوان فتاثر على سرعة التنفس خاصا درجة حرارة المحيط ففي حالة ارتفاع درجة حرارة المحيط عن نطاق التعادل الحراري Thermoneutral Zone يؤدي الى زيادة سرعة التنفس ويمنك دراسة وتسجيل سرعة التنفس بواسطة جهاز مخطط التنفس Pneumograph او سماع الطبيعيه للرئتين التسمع auscultation او بشكل مرئي Visible عن طريق مشاهدة حركة الجدار البطني . هذا ويقدر 9-1 متوسط سرعت النتنفس لبعض الحيوانات والانسان .

حجم الهواء في الرئتين :-

السعه الحيوية Vital Capacity(V.C) تعبر عن اكبر كمية من الهواء يمكن ان تدخل الرئتين عند اقصى شهيق او اكبر كمية من الهواء المتحررة عند اعلى زفير.

ويساوي متوسط السعة الحيوية للرئتين في الرجال 3.5-7.4 لتر هواء وفي النساء 3-3.5 لتر وفي الحصان 30 لتر هواء ، الابقار 24 لتر هواء .وتعتمد السعة الحيوية على الجنس ،العمر،التدريب ،والحالة الفسيولوجية للحيوان ،وغيرها من العوامل .

جدول 1 :- يوضح سرعة التنفس لبعض الحيوانات والانسان

نوع الحيوان	نفس/دقيقة
الابقار	30-10
الابل	12-5
الاغنام	20-10
الماعز	18-10
الحصان	16-8
الخنزير	18-8
الكلب	30-10
الارنب	15-10
الدجاجة	25-22
الحمام	70-50
الفأر	200
الانسان	20-12

وتتالف السعه الحيوية للرئتين من ثلاث عناصر هي :-

1 -الحجم المدى الجزري Tidal Volume.

كمية الهواء الداخله الى الرئتين خلال الشهيق الطبيعي وكمية الهواء المطروحه خلال الزفير الطبيعي ايضا والحجم المدى الجزري للانسان هو 0،5 لتر ، الحصان 5-6 لتر، الابقار 3.5 لتر، الاغنام 0.6 لتر والكلب 0.1-5.3 لتر والدواجن 0.015-0.05 لتر ويجهز الحجم المدي والجزري احتياجات الجسم من الاوكسجين خلال الهدوء النسبي وفي حالة ارتفاع العمليات الحيويه للمواد فان الحجم المدى الجزري يرتفع ايضا .

2 -حجم الشهيق الاحتياطي Inspiratory reserve Volume (IRV)

وتدل على كمية الهواء التي يمكن ان تاخذ في الرئتين فوق الحد الطبيعي للشهيق الهادئ ففي الانسان تكون 1.5 لتر والحصان 12لتر

3 -حجم الزفير الاحتياطي Expiratory reserve Volume(ERV)

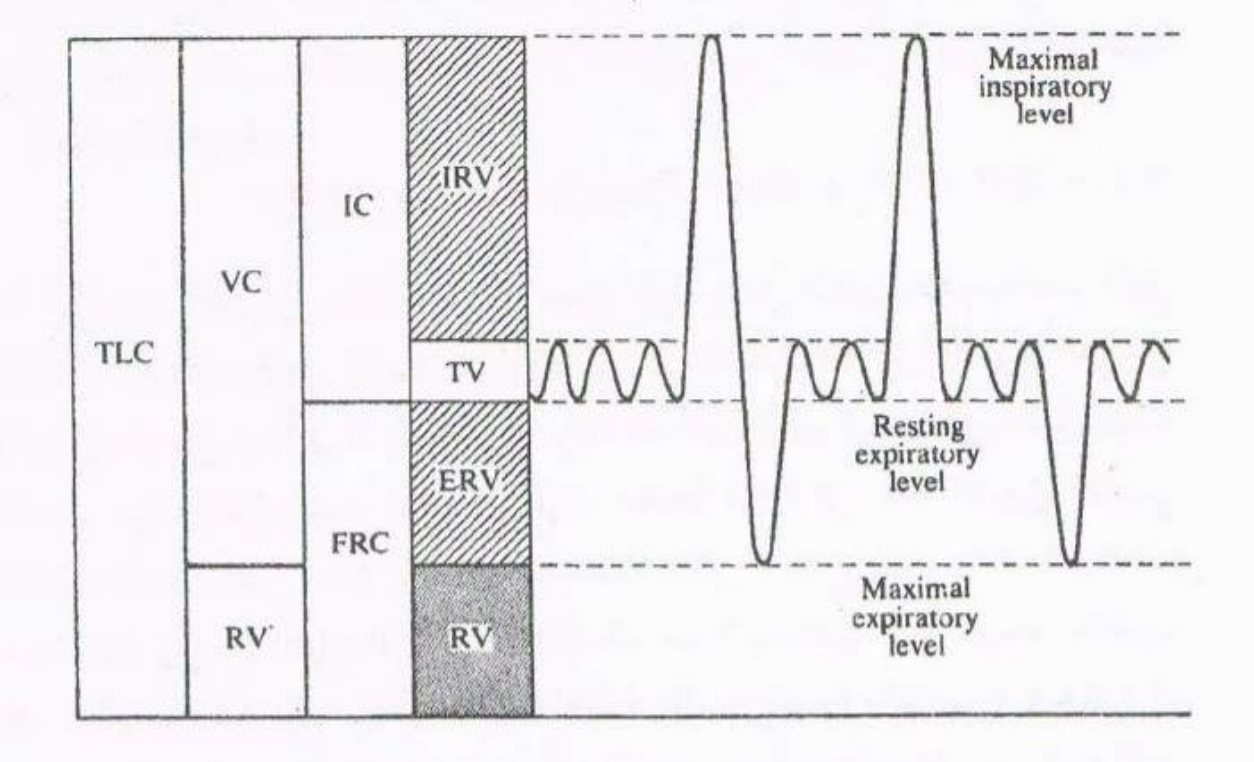
وهي كمية الهواء التي يمكن ان تطرح من الرئتين فوق الحد الطبيعي للزفير ففي الانسان تكون 1.5 لتر ،والحصان 12لتر ،ان حاصل جميع العناصر المذكورة اعلاه يعطينا السعة الحيوية

V.C = IRV + TV + ERV + Residual Volume (R V)

وفي حالة اقصى زفير فأن المتبقي من حجم الهواء داخل الرئتين يعرف بالحجم المتبقي Residual Volume وفي الانسان يساوي 1.5 لتر والحصان 12لتر ، ولايوجد الهواء في الاسناخ فقط بل ايضا في الممرات الهوائية ولهذا فأن الهواء الذي لا يشترك في عملية التبادل الغازي يعرف بالهواء الميت او الفراغ الميت dead Space ففي حالة الشهيق الطبيعي الهادئ فأن من اصل 500 مللتر هواء مستنشق داخل الاسناخ يصل360 مللتر فقط و140مللتر يبقى في الفراغ الميت .وفي الحصان عندما يستنشق طبيعيا وبهدوء مايقارب 4-6 لتر هواء فقد يبقى منها في الممرات الهوائية (الفراغ الميت) مايقرب 1.2-1.8 لتر او 2.8-4.3 لتر وتصل الاسناخ حيث تخلط هناك مع الحجم الاحتياطي من الهواء الذي يقدر بحوالي 24 لتر.

الغاز المتابدل بين الاسناخ والمحيط يجب ان يمر خلال مجموعة من الانابيب(الرغامي،القصبات ،القصيبات اللاتنفسية Nonrespiratoty tubes بالفراغ الميت التشريحي Anatomical dead space وجزء من الهواء يدخل الى الاسناخ غير العاملة non functional اوسرعة الهواء الداخل لها عالية مما

لايسمح لها بأجزاء عملية التبادل ولهذا فأن حجم الهواء الذي لاتجري عليه عملية تبادل غازي داخل الاسناخ يعرف بالفراغ الميت الفسيولوجي Physiological dead space ان كية الهواء الداخلة او الخارجة من الاسناخ تمثل الحجم المدي الجذري TV مطروحا منها الفراغ الميت التشريحي وبهذا تسمى بحجم التهوية النسخية alveolar ventilation volume وبهذا الحجم من الغاز هو الذي يشترك في عملية التبادل الغازي مباشرة.



شكل (3) :- التقسيمات الثانوية لحجم الرئة (TLC)= السعة الكلية للرئة ،VCالسعة الحيوية ، IC = سعة الشهيق ،FRC ،السعة الشهيق المتبقية RV= الحجم المتبقي IRV =حجم الشهيق الاحتياطي ،TV الحجم المد الجذري ،ERF = حجم الزفير الاحتياطي Compbell(194)