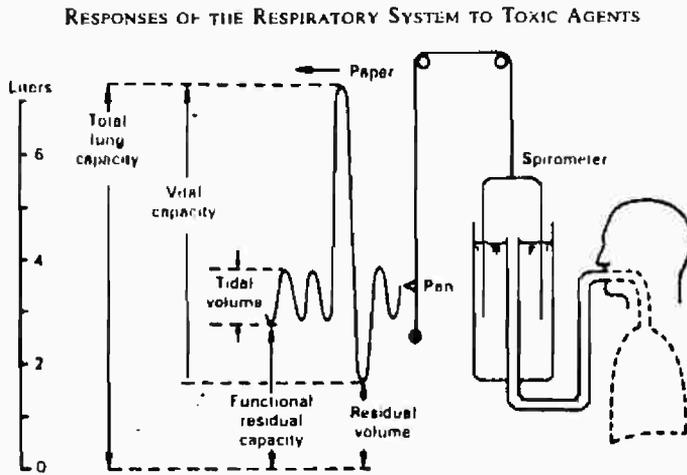


## الباب الثانى

عملية التنفس ( التبادل الغازى )



يمثل الشكل التالي رقم (٢-١) نموذج مبسط يوضح النمط الطبيعي للتنفس أثناء فترة الراحة لتوزيع الأحجام والمساحات بالرئة ودورها في عملية التنفس حيث التغيير في الحجم ومعدل التدفق والذي يتم قياسه بالاسبيروميتر (Spirometer) فعند التنفس فان حجم صغير من الرئة يحدث لذا عملية تهوية وهو ما يسمى بحجم تيدال (Tidal) :



شكل رقم (٢-١) : رسم تخطيطي يوضح الحجوم التفصيلية لنمط التنفس الطبيعي

حجم تيدال لحجم هواء مستنشق قدره ٥٠٠ ملل خلال دقيقة (١٥ مرة / د)  
 $٧٥٠٠ = ٥٠٠ \times ١٥$  ملل / د

وبعد أقصى زفير يتبقى بالرئة حجم قدره ١٥٠ ملل ويسمى بالحجم المتبقى (Residual volume) و يسمى الفرق بين عدم وجود غاز بالرئة وأدنى

حجم لتبدال بالسعة الوظيفية للمتبقى (Functional residual capacity) .

أما حجم الغاز الطازج الذي يمكن تبادله بالحوصلات

$$= \text{حجم تبدال (500)} - \text{الحجم المتبقى (150)} \times 15 \text{ مرة / د}$$

$$= 500 - (15 \times 150) = 5250 \text{ ملل / د}$$

وبما أن معدل التدفق الدموي للرئة / د = 5000 ملل .

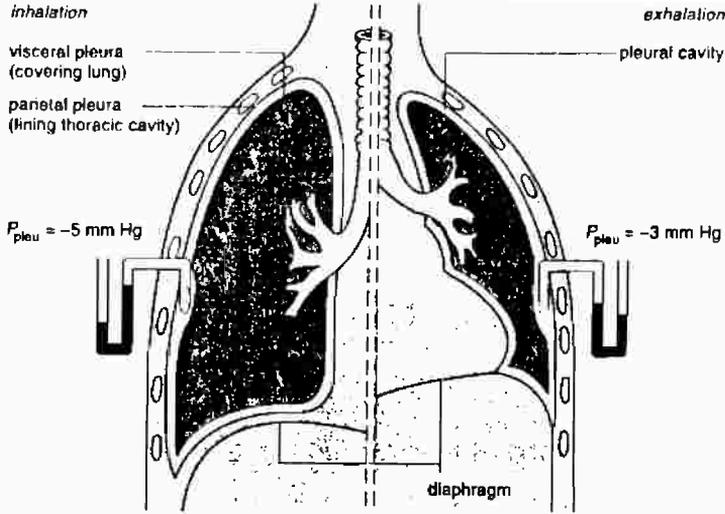
:: حجم الغاز المتبادل (التهوية الحويصلية) = حجم الدم الذي يملأ الحوصلات .

أى أن كمية الملوثات الغازية السامة والداخلة للرئة (Delivered) دالة لتركيزه فى الغاز والحجم بالدقيقة وهو ما يوضح أهمية التكافؤ فى حجم الدم المار بالرئة والتهوية الحويصلية والتي لها أهميتها فى تحقيق تبادل سليم للغازات وأكسجين الدم .

ويكون ضغط هواء الحوصلات مساوى للضغط الجوى ( ٧٦٠ ملم ز ) جدول رقم (٢-١) و طبقا لقانون دالتون فان الضغط الكلى لمخلوط الغازات يساوى مجموع الضغوط الجزئية لكل مكون على على حده من مكونات الهواء الجوى على درجة حرارة ٣٧ م وهواء مشبع ببخار الماء :

جدول رقم (٢-١) : قيمة الضغوط الجزئية لغازات الهواء الجوى :

الضغط الجزئى	للكسجين	لثانى أكسيد الكربون	لنيتروجين	للماء	المجموع الكلى ملم ز
فى الهواء	١٥٨	٠,٣	٥٩٧	٣,٧	٧٦٠
فى الحوصلات	١٠١,٢	٤٠	٥٧١,٨	٤٧	٧٦٠



شكل رقم (٢-٢) : القوى المرنة في الرئتين خلال عمليتي الشهيق و الزفير ( تشير الأسهم لأتجاه عمل القوى والتي تعطى زياده في الضغط السلبى ضغط بين البليورا فى التجويف البليورى (Interpleural pressure) بالنسبه للضغط خارج الجسم )

وبما أن الحجوم المتساوية ، شكل رقم (٢-٢) من الغازات تحتوى على أعداد متساوية من الجزيئات ( مول = ٢٢,٤ ).

:: الجزء المولى للغاز بالمخلوط (  $\alpha$  ) حجمه الجزيئى (V) أو ضغطه (P) = ضغط الغاز / الضغط الكلى  $\times$  حجم الغاز = الحجم الكلى

وينص قانون هنرى على أن تركيز الغاز بمحلول طبيعى (  $\alpha$  ) مع ضغط الجزيئى

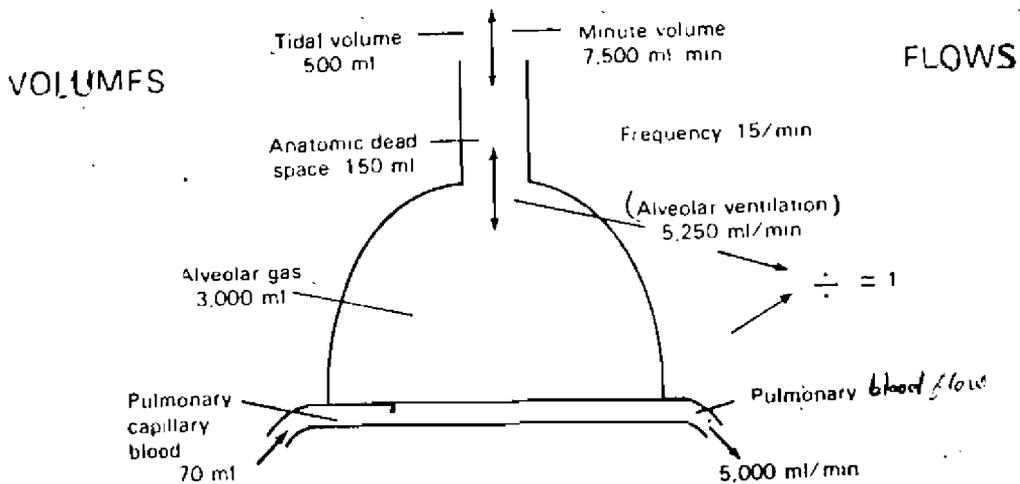
:: تركيز الغاز = الضغط (p)  $\times$  حجمه (v)  $\times$  (  $\alpha$  ) ( معامل الذوبان)

نسبة الأكسجين الذائب بالبلازما/م<sup>3</sup> (α) = 0.023 × ضغط واحد جوى

$$P_{O_2} \times 0.023 =$$

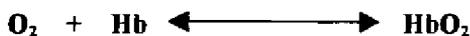
$$760/1.01,2 \times 0.023 =$$

$$\text{ملل } 0.0023 =$$



شكل رقم (٢-٣): رسم تخطيطي يبين التدفق والحجم / دقيقة وحجم تيدال و التهوية الحويصلية وحجم المنطقة الميتة

أى أن كل ١٠٠ ملل بلازما يحمل ٠,٣١ ملل أكسجين مذاب لا تكفى لسد احتياجات الجسم ، (١٥ جم هيموجلوبين / ١٠٠ ملل) .  
 ويقوم الهيموجلوبين بنقل (نشر) الأكسجين المذاب من البلازما الى داخل كرات الدم الحمراء حيث يرتبط به الهيمو جلوبيين (Hb) وهو ما يسمى بأكسجة الهيموجلوبين : أوكسى هيموجلوبين (Oxyhaemoglobine) :



وعكس هذه العملية هو ما يسمى بأختزال الهيموجلوبين : نزع الأكسجين :ديأكسي هيموجلوبين (Deoxyhaemoglobin) حيث يتحد جزئى الهيموجلوبين (٦٧,٠٠٠ دالتون ) مع أربعة جزئيات اكسجين .

ويحمل ١٥ جم هيموجلوبين / ١٠٠ ملل كرات دم حمراء حوالى ٢٠ ملل أكسجين مذاب أى أكثر كثيراً من ٠,٣١ ملل أكسجين مذاب حيث يعتمد تشبع الهيموجلوبين بالأكسجين على الضغط الجزئى للاكسجين وهو بعكس منحنى التشبع الزائد المقطع ( Hyperbolic curve ) الخاص بالميوجلوبين (Myoglobin : Mb) المرتبط به الأكسجين بالعضلات .

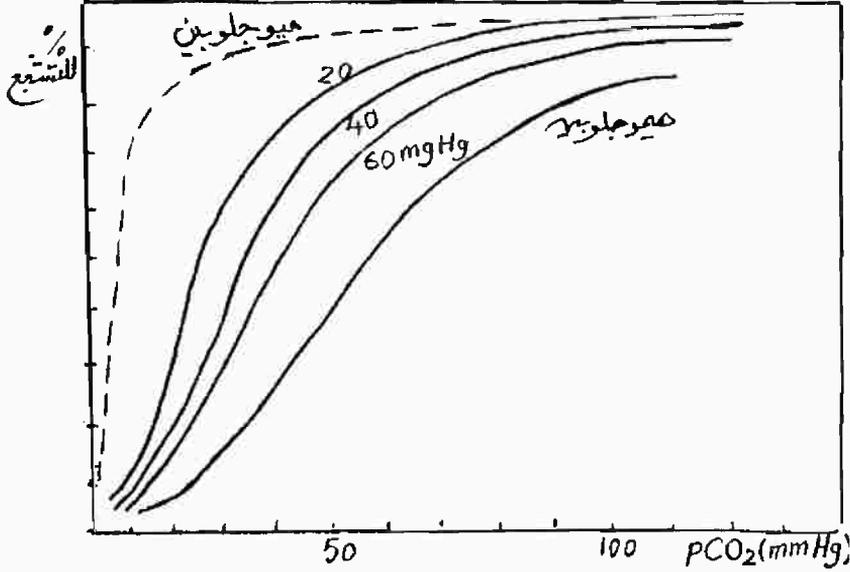
فالارتباط بين مجاميع الهيم بالهيموجلوبين يجعل ارتباط جزئيات إضافية من الاكسجين بصورة سهلة ومتعادلة فى حين تكون قوة اذابة الاكسجين للميوجلوبين  $MbO_2$  أكبر من الهيموجلوبين و يبلغ الضغط الجزئى للاكسجين ( $pO_{30}$ ) للميوجلوبين = ١ و الهيموجلوبين ٢٦ مللم ز وتجذب أيضاً أنزيم السيټوكروم أكسيديز نحو الأكسجين حيث يعمل ميوجلوبين العضلات عند الانسان بشكل ناقل رئيسى من خلال أنتشار الأكسجين من الأغشية الوعائية الدموية الى العضلات ( خاصة العضلة القلبية ) .

وينحرف منحنى التشبع ( $O_2Hb$ ) ، شكل رقم (٢-٤) لأسفل ولليمين عند زيادة الضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون ( $p CO_2$ ) وتركيز أيونات الهيدروجين  $[H^+]$  أو

ارتفاع الحرارة أو تركيز مركب : ٢.٣ -داى فوسفو جليسران ( 2.3-DPG ) وتكون النتيجة قلة ميل الهيموجلوبين نحو الأكسجين وزيادة نمو أيونات

الهيدروجين : ( $H^+$ ) وهو ما يسمى بتأثير بور : ( Bohr Effect ) وهذا التسهيل يسهل تحرر الاكسجين وأطلاقه بالأنسجة حيث تكون مستويات ثانى أكسيد الكربون وأيونات الهيدروجين عالية بسبب النشاط الأيضى للأنسجة ويحدث عكس هذا بالرئيتين حيث يؤدي الضغط الجزئى المرتفع للاكسجين لأزالة أيونات الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون ويسمى بتأثير هالدان ( Haldane ) .

وترتبط الجليسيريدات ثنائية الفوسفات بالهيموجلوبين وتقلل ميله للإنجذاب نحو الأكسجين حيث ينظم مستوى الجليسيريدات ثنائية الفوسفات (٤,٥ ملليمول) بكرات الدم الحمراء بواسطة الضغط الجزئى للاكسجين الهواء



شكل رقم (٢-٤) : منحنيات التشبع بالأكسجين للميوجلوبين و الهيموجلوبين تحت ضغوط جزئية

و لهذا يلاحظ بالمناطق المرتفعة زيادة مستويات ٢ و ٣- فوسفوجليسيرات فتسمح للهيموجلوبين بأطلاق الاكسجين بسهولة أكثر .

في حين تتم عملية التنفس في اللافقاريات كالحشرات خلال القصبات الهوائية (Trachea) و المنتشرة خلال الجسم حيث تتفرع الى قصبات (Tracheoles) تدل إليها تفرعات الأعصاب وتفتح للخارج بالتفجور التنفسيه و الموجوده في صورة أزواج بكل حلقة من حلقات الجسم أو قد يوجد زوج

أو زوجين بطول الجسم و تدعم هذه الثغور بصمامات تعمل على قفل و فتح الثغور و في قليل من الحشرات تتم عملية التنفس خلال الجليد.

ولا تتمكن جزيئات الملوثات البيئية و السموم والتي بصورة محاليل ذات توتر سطحي عالي من الدخول لهذه القصبات ، بينما تدخلها المحاليل الزيتية (المحاليل المحبة للدهون ) أو المحاليل المائية المبللة (Wetting aqueous solutions ) ذات التوتر السطحي المنخفض حيث زاوية التماس (Contact angle) بها أقل من ٩٠° لقدرتها على الانتشار خلال القصبه الهوائيه ، فالزيوت البترولية ذات اللزوجه المنخفضه : ٣٩ دايين /سم تكون جيده الليل و الحركه في حين اوليات الصوديوم ذات محلول تركيزه ١% (٢٩ دايين /سم ) تكون أكثر من جيده ، كذلك تزداد درجة التخلل بنفس درجة اللزوجه فتزداد النفاذيه في الزيوت الخفيفه كالكيروسين و تقل بالزيوت متوسطه اللزوجه بينما تكاد تتعدم مع الزيوت العاليه كزيت الخروع ( Castor bean oil ) .

وليس المهم هنا هو سرعة تخلل جزيئات محلول المركب للقصبات الهوائيه و لكن الأكثر أهميه هو فترة بقاءه بها ، فكلما طال زمن بقاءه بها أظهرت أستجابته أكثر ، فالكيروسين يمتاز بسرعة تخلله كما سبق لإنخفاض درجة لزوجه إلا أنه يدفع ثانية للخارج بالحركات التنفسيه فيتبخر . ولهذا فالزيوت المتوسطه كذيت بذرة الكتان و زيت بذرة القطن لها القدره على التخلل و البقاء معا داخل القصبات .

كذلك تتناسب سرعة التخلل طرديا مع قطر القصبات حيث يتخلل زيت التربنتينا الى مسافه معينه ثم تقف حركته لدقة قطر القصبات . أيضا فجزئيات الملوثات البيئية و السموم القابله للبخر تظهر تأثيرا سريعا خاصة مع الجزيئات الموجوده في حاله غازيه .

أما جزيئات الملوثات البيئية و السموم السائله فتدخل الفتحات التنفسيه ويتحكم في درجة تخللها خواصها الطبيعيه مثل درجة التوتر السطحي و اللزوجه . كذلك تتفاوت بعض أنواع الأفات من حيث درجة التخلل خلال الجهاز التنفسي لها لدخول جزيئات بعض أنواع الملوثات البيئية و السموم كالذباب و المن وهى أكثر من نحل العسل ذو الثغور التنفسيه ذات جهاز القفل الجيد .